

# ***Yersinia pseudotuberculosis*** **elintarvikeketjussa**

Eläinlääketieteen lisensiaatintutkielma

Essi Jurvanen

Ohjaaja Riikka Keto-Timonen

Elintarvikehygienian ja ympäristöterveyden osasto

Eläinlääketieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

2019



|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| Tiedekunta - Fakultet - Faculty<br>Eläinlääketieteellinen tiedekunta   |  | Osasto - Avdelning – Department<br>Elintarvikehygienian ja ympäristöterveyden osasto |   |
| Tekijä - Författare - Author<br>Essi Jurvanen  |  |  |   |
| Työn nimi - Arbetets titel - Title<br><i>Yersinia pseudotuberculosis</i> elintarvikeketjussa   |  |  |   |
| Oppiaine - Läroämne - Subject<br>Elintarvikehygienian oppiaine   |  |  |   |
| Työn laji - Arbetets art - Level<br>Lisensiaatintutkimus (kirjallisuuskatsaus)   |  | Aika - Datum - Month and year<br>04/2019   | Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages<br>56 |
| Tiivistelmä - Referat – Abstract<br><p><i>Yersinia pseudotuberculosis</i> aiheuttaa yhdessä <i>Yersinia enterocolitica</i> kanssa yersinioosia, joka on kolmanneksi yleisin bakteeriperäinen suolistotulehdus sekä Suomessa että EU:ssa. <i>Y. enterocolitica</i> aiheuttaa suurimman osan kaikista yersinioositapauksista, mutta <i>Y. pseudotuberculosis</i> on aiheuttanut useita laajoja ruokamyrkytys epidemioita Suomessa etenkin kasvien, kuten porkkanoiden ja jäävuorisalaatin, välityksellä.</p> <p><i>Y. pseudotuberculosis</i> on aiheuttanut taudinpurkauksia lähinnä pohjoisella pallonpuoliskolla kuten Suomessa, Japanissa, Kanadassa ja Venäjällä. <i>Y. pseudotuberculosis</i> -infektion yleisimmät oireet ovat kuume ja vatsakipu, jota voidaan erehtyä luulemaan umpilisäkkeen tulehdukseksi. Useita turhia umpilisäkkeenpoistoleikkauksia on tehty <i>Y. pseudotuberculosis</i> -infektioon sairastuneille. Sairastumisiin liittyy usein vakavia jälkitauteja, kuten kyhmyrusua (erytema nodosum) ja niveltulehdusta (reactive arthritis). Japanissa ja Venäjällä tavataan myös <i>Y. pseudotuberculosis</i> aiheuttamaa vakavaa systeemisairautta (FESLV, Far-East scarlet-like fever).</p> <p><i>Y. pseudotuberculosis</i> on eristetty useista eri villieläimistä, tuotantoeläimistä ja lemmikkieläimistä sekä vesistöistä ja maaperästä. Sen pääasiallisena reservuaarina luonnossa on pidetty jyrsijöitä, mutta kattavaa tutkimustietoa reservuaareista ei juuri ole saatavilla. <i>Y. pseudotuberculosis</i> aiheuttamien ruokamyrkytys epidemioiden yhteydessä on saatu vahvoja viitteitä villieläinten ulosteiden saastuttaneen tartuntojen välittäjäelintarvikkeina toimineita kasviksia. Kokoavaa tutkimusta, jossa <i>Y. pseudotuberculosis</i> esiintymistä ja kulkeutumista elintarvikeketjussa tarkasteltaisiin pelloilta pöytäan, ei tiettävästi ole tehty.</p> <p>Työ tehtiin kirjallisuuskatsauksena ja selvitettiin saatavilla olevan tutkimustiedon avulla <i>Y. pseudotuberculosis</i> esiintymistä ja kulkeutumista luonnossa ja elintarvikkeissa. Useiden aikaisempien tutkimusten perusteella on saatu selville, että jyrsijät voivat kantaa <i>Y. pseudotuberculosis</i> suolistossaan ja erittää sitä ulosteisiinsa. Ulostet voivat saastuttaa kasvien kasvatusympäristön, eli maaperän tai kasteluveden, ja päätyä sitä kautta kasviksiin, jotka ovat usein toimineet välittäjäelintarvikkeena <i>Y. pseudotuberculosis</i> -tartunnoille. Tutkittua tietoa bakteerin kasvusta ja selviytymisestä ympäristössä ja elintarvikkeissa, etenkin kasviksissa, tarvitaan lisää. Myöskään <i>Y. pseudotuberculosis</i> mahdollisesta kulkeutumisesta kasvien sisään ei vielä ole tutkittua tietoa.</p> <p><i>Y. pseudotuberculosis</i> muita reservuaareja on tutkittu vain vähän. Bakteeria on saatu eristettyä useilta eri eläinlajeilta, mutta tutkitut näyttemäärät ovat olleet niin pieniä, että luotettavia johtopäätöksiä <i>Y. pseudotuberculosis</i> esiintyvyydestä ei voida tehdä. On kuitenkin mahdollista, että <i>Y. pseudotuberculosis</i> on jyrsijöiden lisäksi muitakin tärkeitä reservuaareja luonnossa, joita olisi syytä tutkia vielä lisää. Myös tietoa bakteerin esiintymistä maaperässä ja vesistöissä kaivataan lisää.</p> |  |  |   |
| Avainsanat - Nyckelord - Keywords<br><i>Yersinia pseudotuberculosis</i> , reservuaarit, elintarvikkeet, yersinioosi  |  |  |   |
| Säilytyspaikka - Förvaringställe - Where deposited<br>HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto  |  |  |   |
| Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) - Instruktor och ledare - Director and Supervisor(s)<br>Professori Maria Fredriksson-Ahomaa (johtaja)<br>ELT Riikka Keto-Timonen (ohjaaja)  |  |  |   |

# SISÄLLYS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 JOHDANTO .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2 KIRJALLISUUSKATSAUS .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2.1 <i>Yersinia</i> -suku .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2.2 Ihmisille tautia aiheuttavat <i>Yersiniat</i> .....</b>   | <b>3</b>  |
| 2.2.1 <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> .....   | 4         |
| 2.2.1.1 Bio- ja serotyypit .....   | 4         |
| 2.2.1.2 Kasvurajat .....   | 5         |
| 2.2.1.3 Virulenssi .....   | 5         |
| 2.2.1.4 Kasvaminen ja säilyminen elintarvikkeissa ja tuotantoympäristössä .....                                      | 6         |
| 2.2.2 <i>Yersinia enterocolitica</i> .....   | 8         |
| 2.2.3 <i>Yersinia pestis</i> .....   | 9         |
| 2.2.4 <i>Yersinioiden</i> eristäminen ja siihen liittyvät haasteet .....   | 9         |
| <b>2.3 <i>Yersinioosi</i> .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2.4 <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> -bakteerin aiheuttama taudinkuva eläimillä .....</b>                       | <b>14</b> |
| <b>2.5 <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> -bakteerin esiintyminen eläimissä ja luonnossa .....</b>                   | <b>15</b> |
| 2.5.1 Jyrsijät ja villit piennisäkkäät .....   | 15        |
| 2.5.2 Linnut .....   | 17        |
| 2.5.3 Tuotantoeläimet .....  | 18        |
| 2.5.3.1 Siat .....   | 18        |
| 2.5.3.2 Märehtijät .....   | 20        |
| 2.5.4 Villisiat .....  | 21        |
| 2.5.5 Muut villieläimet .....  | 21        |
| 2.5.6 Eläimet eläintarhoissa ja koe-eläinkeskuksissa .....   | 22        |
| 2.5.7 Lemmikkieläimet .....  | 23        |
| 2.5.8 Madot ja hyönteiset .....  | 24        |
| 2.5.9 Maaperä ja vesistöt .....  | 24        |
| <b>2.6 <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> -bakteerin esiintyminen elintarvikkeissa ja tuotantoympäristössä .....</b> | <b>26</b> |
| 2.6.1 Kasvikset pellolla ja pöydässä .....   | 27        |
| 2.6.2. Sianliha vähittäismyynnissä ja sikojen ruhot teurastamolla .....  | 28        |
| 2.6.3 Maito tilalla ja pakkauksessa .....  | 29        |
| 2.6.4 Vesi lähteessä ja lätäkössä .....  | 29        |
| <b>2.7 <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> -bakteerin aiheuttamat ruokamyrkytysepidemiat .....</b>                    | <b>30</b> |
| 2.7.1 <i>Y. pseudotuberculosis</i> -ruokamyrkytysepidemiat Suomessa .....  | 31        |
| 2.7.2 <i>Y. pseudotuberculosis</i> -ruokamyrkytysepidemiat Japanissa .....   | 33        |
| 2.7.3 <i>Y. pseudotuberculosis</i> -ruokamyrkytysepidemiat Kanadassa .....   | 34        |
| 2.7.4 <i>Y. pseudotuberculosis</i> -ruokamyrkytysepidemiat Uudessa-Seelannissa .....                                 | 34        |
| 2.7.5 <i>Y. pseudotuberculosis</i> -ruokamyrkytysepidemiat Venäjällä .....   | 35        |
| <b>2.8 Tartuntojen ehkäisy .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>3 POHDINTA .....</b>  | <b>37</b> |
| <b>4 KIITOKSET .....</b>   | <b>42</b> |

# 1 JOHDANTO

*Yersinia* ovat kolmanneksi yleisin suolistotulehdusten aiheuttaja Suomessa (THL 2018) ja yersinioosin esiintyvyys väkilukuun suhteutettuna on Euroopan korkein (EFSA ja ECDC 2018). *Yersinia* -sukuun kuuluu 18 lajia, joista ihmisille tautia aiheuttavat *Yersinia pestis*, *Yersinia enterocolitica* ja *Yersinia pseudotuberculosis*. Yersinioosi on yleisnimitys feko-oraalisesti eli ulosteella saastuneen ruuan tai juoman välityksellä suun kautta tarttuvalle suolistotulehdukselle, jota aiheuttavat *Y. pseudotuberculosis* ja *Y. enterocolitica* -bakteerit (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). *Y. enterocolitica* aiheuttaa suurimman osan yersinioositapauksista ja tartunnat ovat yleensä yksittäisiä tautitapauksia (EFSA ja ECDC 2018), kun taas *Y. pseudotuberculosis* on aiheuttanut useita laajoja ruokamyrkytys epidemioita Suomessa viime vuosikymmeninä (THL 2018, Jalava ym. 2006, Kangas ym. 2008, Rimhanen-Finne ym. 2009, Pärn ym. 2015).

*Y. pseudotuberculosis* on zoonoottinen eli se pystyy aiheuttamaan tautia sekä ihmisille että eläimille. Taudinkuvaan ihmisillä kuuluu yleisimmin kuume ja vatsakipu, jota on usein kliinisesti vaikea erottaa umpilisäketulehduksen aiheuttamasta vatsakivusta (Wren 2003, Galindo ym. 2011). Jälkitauteina esiintyy reaktiivista niveltulehdusta ja kyhmyruusua (Vasala ym. 2014). Eläimet ovat useimmiten *Y. pseudotuberculosis*in oireettomia kantajia (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010) ja bakteeria on eristetty useista eri eläinlajeista villieläimistä tuotanto- ja lemmikkieläimiin (Fukushima ym. 1988, Kangas ym. 2008, Fredriksson-Ahomaa ym. 2009, Pärn ym. 2014). *Y. pseudotuberculosis*in on todettu aiheuttavan tautia ainakin vuohille, naudoilta, lampaille ja sioille (Slee ja Button 1990).

*Y. pseudotuberculosis* -bakteerin aiheuttamia ruokamyrkytys epidemioita esiintyy enimmäkseen pohjoisella pallonpuoliskolla etenkin Suomessa ja Japanissa sekä Kanadassa ja Venäjällä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010, Tseneva ym. 2012). Suomessa *Y. pseudotuberculosis*in aiheuttamia ruokamyrkytys epidemioita on havaittu kansainvälisestäkin tarkasteltuna poikkeuksellisen paljon (Pitkälä ym. 2009). Ruokamyrkytysten välittäjänä ovat toimineet Suomessa ainakin raa'at porkkanat,

jäävuorisalaatti ja raakamaito, muualla myös vihannesmehu, vesi ja pastöroitu maito (Tsubokura ym. 1989, Nowgesic ym. 1998, Nuorti ym. 2004, Jalava ym. 2006, Pärn ym. 2014).

*Y. pseudotuberculosis* aiheuttama epidemia kuvattiin Suomessa ensimmäisen kerran jo vuonna 1984 (Tertti ym. 1984), mutta vasta vuonna 2004 varmistui, että *Y. pseudotuberculosis* on elintarvikevälikkeinen taudinaiheuttaja (Nuorti ym. 2004, Tauxe ym. 2004). *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria on tutkittu vähemmän kuin *Y. enterocoliticaa* ja tutkimukset ovat keskittyneet lähinnä bakteerin perimään sekä sen sopeutumiseen ja kasvuun kylmissä olosuhteissa. Sen tartuntareittejä tai reservuaareja luonnossa ei kuitenkaan vielä juuri tunneta.

Kokoavaa tutkimusta, jossa *Y. pseudotuberculosis* kulkua selvitettäisiin elintarvikeketjussa luonnosta elintarvikkeisiin, ei tiettävästi ole tehty. Tämän lisensiaatintutkielman tarkoitus on selvittää saatavilla olevan tutkimustiedon avulla *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin esiintymistä ja kulkeutumista elintarvikeketjussa, jotta pystyttäisiin tekemään tarkempaa riskinarviointia ja kehittämään perusteltuja hallintakeinoja bakteerin aiheuttamien ruokamyrkytysten ja laajojen ruokamyrkytysepidemioiden ehkäisemiseksi.

## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

### 2.1 *Yersinia* -suku

*Yersinia* -suku kuuluu *Enterobacteriaceae* -heimoon. Muita heimoon kuuluvia sukuja ovat esimerkiksi *Salmonella*, *Klebsiella* ja *Escherichia*. *Yersiniat* ovat gram-negatiivisia sauvabakteereja (Bottone ym. 2005). *Yersinia* -sukuun kuuluu tällä hetkellä 18 lajia: *Yersinia aldovae*, *Yersinia aleksiciae*, *Yersinia bercovieri*, *Y. enterocolitica*, *Yersinia entomophaga*, *Yersinia frederiksenii*, *Yersinia intermedia*, *Yersinia kristensii*, *Yersinia massiliensis*, *Yersinia mollaretii*, *Yersinia nurmii*, *Yersinia pekkanenii*, *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis*, *Yersinia rohdei*, *Yersinia ruckeri*, *Yersinia similis* ja *Yersinia wautersii* (Bottone ym. 2005, Sprague ja Neubauer 2005, Merhej ym. 2008, Sprague ym. 2008, Hurst ym. 2011, Murros-Kontiainen ym. 2011a, Murros-Kontiainen ym. 2011b, Savin ym. 2014).

*Yersiniat* ovat fakultatiivisesti anaerobisia eli ne pystyvät selviämään sekä hapellisissa että hapettomissa oloissa, mutta korkeammassa hiilidioksidipitoisuuksissa niiden kasvu on hitaampaa (Pin ym. 2000). *Yersiniat* ovat oksidaasinegatiivisia ja katalaasiposiivisia bakteereja eivätkä ne muodosta itiöitä (Bottone ym. 2005). Ne eroavat muista enterobakteereista olemalla psykrotrofisia eli ne kykenevät lisääntymään jääkaappilämpötiloissa (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010).

*Yersinia* -lajeista kolme on ihmisille patogeenisia eli tautia aiheuttavia (Bottone ym. 2005). Muita lajeja tavataan yleisesti ympäristössä ja ajoittain niitä eristetään myös potilasnäytteistä, mutta niitä ei pidetä patogeenisina (Carniel ym. 2006). *Y. ruckeri* aiheuttaa joillekin kalalajeille tautia (ERM, enteric redmouth disease) (Bottone ym. 2005).

### 2.2 Ihmisille tautia aiheuttavat *Yersiniat*

Ihmisille tautia aiheuttavia yersinioita ovat *Y. pestis*, *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis*. *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* aiheuttavat suolistoperäisen yersinioosin ja ne ovat enteropatogeenisia eli ruuansulatuskanavan kautta tautia aiheuttavia bakteereja. Ne

tarttuvat lähinnä ruuan ja juoman välityksellä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). *Y. pestis* taas aiheuttaa ruttoa ja leviää jyrsijöiden ja kirppujen välityksellä (Carniel ym. 2006). *Y. pseudotuberculosis* ja *Y. pestis* ovat läheistä sukua keskenään (Achtman ym. 1999).

*Y. enterocolitica* aiheuttaa suurimman osan tartunnoista maailmanlaajuisesti (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010), mutta *Y. pseudotuberculosis* on aiheuttanut useita laajoja ruokamyrkytys epidemioita lähinnä pohjoisella pallonpuoliskolla viime vuosikymmeninä (Inoue ym. 1984, Nuorti ym. 2004, Jalava ym. 2004). *Y. enterocolitican* välittäjäelintarvikkeena on usein sianliha (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010) ja *Y. pseudotuberculosis* on aiheuttanut ruokamyrkytyksiä usein kasvien välityksellä (Nuorti ym. 2004, Jalava ym. 2006, Rimhanen-Finne ym. 2009).

### 2.2.1 *Yersinia pseudotuberculosis*

*Y. pseudotuberculosis* on zoonoottinen bakteeri, eli se pystyy aiheuttamaan tautia sekä eläimissä että ihmisissä. *Y. pseudotuberculosis*in optimikasvulämpötila on 28–29°C (Bottone ym. 2005), mutta psykrotrofisena bakteerina se pystyy lisääntymään ja menestymään myös jääkaappilämpötiloissa (Galindo ym. 2011).

#### 2.2.1.1 Bio- ja serotyypit

*Y. pseudotuberculosis* -kannat vaihtelevat biokemiallisilta ominaisuuksiltaan vain vähän, mutta ne voidaan jakaa neljään biotyyppiin erilaisen sokerinkäytön perusteella (Tsukobura ja Aleksic 1995). *Y. pseudotuberculosis*ella on lipopolysakkaridin O-antigeenin rakenteen perusteella 15 eri seroryhmää (Tsukobura ym. 1995), joista O:1–O:5 jakaantuvat yhteen tai useampaan serotyyppiin. Yhteensä serotyypppejä on 21 (Bogdanovich ym. 2004). Yleisimmin tautia ovat aiheuttaneet ryhmien O:1–O:5 serotyypit (Tsukobura ja Aleksic 1995, Carniel ym. 2006). Serotyypppejä O:6–O:14 on eristetty eläimistä ja ympäristöstä, mutta ei ihmisnäytteistä. Euroopassa vallitsevat serotyypit ovat O:1–O:3, kun taas Itä-Aasiassa esiintyy enimmäkseen serotyypppejä O:4b, O:5a ja O:5b (Aleksic ym. 1995, Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). *Y. pseudotuberculosis*in kaikkia serotyypppejä pidetään patogeenisina (Fredriksson-Ahomaa

ym. 2010), mutta ei-patogeenisten kantojen esiintyminen joissakin serotyypeissä (O:6, O:7, O:9, O:10, O:11, O:12) on myös mahdollista (Nagano ym. 1997, Fukushima ym. 2001).

#### 2.2.1.2 Kasvurajat

Keto-Timonen ym. (2018) ovat tutkineet useiden eri lähteistä ja maista eristettyjen *Y. pseudotuberculosis* -bakteerikantojen ( $n = 49$ ) kasvurajoja. Kaikki kannat pystyivät kasvamaan 0°C lämpötilassa ja niillä oli kyky kasvaa tehokkaasti jääkaappilämpötiloissa. Tutkitut *Y. pseudotuberculosis* -kannat sietivät pH-arvoja 4,5–9,3 ja ne pystyivät kasvamaan 0–44°C lämpötilassa. Bakteerikannat sietivät 4,8–5,0 %:n suolapitoisuuksia ja 5 %:n etanolipitoisuuksia (Keto-Timonen ym. 2018). Aiemmissä tutkimuksissa on todettu patogeenisten yersinioiden kestävän hyvin pakastusta (Toora ym. 1992), mutta olevan herkkiä kuumennukselle (Bottone 1999). Pastörinti (72°C, 15 s) on tehokas tuhoamaan *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010, Yehualashet ym. 2013).

#### 2.2.1.3 Virulenssi

*Y. pseudotuberculosis* tarvitsee taudinaiheutukseen virulenssiplasmidin pYV (plasmid of *Yersinia* virulence) pystyäkseen replikoitumaan eli kahdentumaan isännän kudoksissa (Cornelis ym. 1998). Plasmidi on kooltaan noin 70 kiloemästä ja sen geenit aktivoituvat 37°C lämpötilassa. Virulenssiplasmidi pYV ei kuitenkaan yksin riitä taudinaiheutukseen, vaan lisäksi tarvitaan kromosomaalisia tekijöitä, kuten *inv* (invasiini) ja *ail* (attachment invasion locus) – geenit, jotta bakteeri pystyy tunkeutumaan nisäkkään soluihin (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). Jotkin *Y. pseudotuberculosis* -kannat pystyvät syntetisoimaan supertoksiinia (YPM, *Y. pseudotuberculosis* -derived mitogen) ja näitä kantoja esiintyy useammin Kaukoidässä kuin Euroopassa. YPM-supertoksiinia tuottavat kannat on yhdistetty korkeampaan systeemioireiden esiintyvyyteen *Y. pseudotuberculosis* -infektioissa (Fukushima ym. 2001). Osalla *Y. pseudotuberculosis* -kannoista on myös virulenssitekijä HPI (korkeapatogeenisuusaareke, high-pathogenity island), joka osallistuu bakteerin rauta-aineenvaihduntaan (Carniel ym. 2006).



#### 2.2.1.4 Kasvaminen ja säilyminen elintarvikkeissa ja tuotantoympäristössä

Koskinen ym. (2018) selvittivät *Y. pseudotuberculosis* kantojen (1435/8/2004, 2161/13/2006, 2484/2006) kasvua ja selviytymistä kuutioiduissa ja suikaloiduissa porkkanoissa ilmassa (A: 21 % O<sub>2</sub>, 0 % CO<sub>2</sub>) sekä kuutioiduissa porkkanoissa muunnelluissa ilmakehissä (B: 5 % O<sub>2</sub>, 5 % CO<sub>2</sub>, C: 2 % O<sub>2</sub>, 15 % CO<sub>2</sub>) yhdeksän päivän tutkimusjakson aikana 6°C lämpötilassa. Kaikki muunnellut ilmakehät oli tasapainotettu typpikaasulla (N<sub>2</sub>). Kuutioituihin porkkanoihin istutetut *Y. pseudotuberculosis* bakteerimäärät olivat alussa log<sub>10</sub> 4,4 pmy/g ja ne kasvoivat kaikissa ilmakehissä tutkimusjakson aikana ollen lopulta yhdeksäntenä tutkimuspäivänä välillä log<sub>10</sub> 6,4–7,7 pmy/g. Kolmannesta päivästä eteenpäin kasvu oli tilastollisesti merkittävää vain muunnelluissa ilmakehissä B ja C. Ilmakehässä A kolmantena tutkimuspäivänä havaitut bakteerimäärät olivat samanlaiset kuutioiduissa ja suikaloiduissa porkkanoissa, mutta kasvu oli nopeampaa suikaloiduissa porkkanoissa, koska niihin istutettiin tutkimuksen alussa pienempi bakteerimäärä (log<sub>10</sub> 3,3 pmy/g). Tutkimuksessa todettiin, että *Y. pseudotuberculosis* pystyy kasvamaan ja selviämään porkkanoissa hyvin kylmäsäilytyksen aikana. Lisäksi saatiin selville, että suikaloiminen ja muunnellut ilmakehät voivat jopa edistää bakteerin kasvua porkkanoissa.

Abdela ym. (2011) tutkivat kahden eri *Y. pseudotuberculosis* -kannan kasvua ja selviytymistä appelsiinituoremehussa 4°C lämpötilassa. Säilytysajat olivat 3 tuntia, 24 tuntia, 3 päivää (72 h) ja 7 päivää (168 h). Molemmat tutkitut *Y. pseudotuberculosis* -kannat (29838 ja NR-804) pystyivät selviytymään sekä laimentamattomassa (pH 3,9), että 1:4 (pH 4,0) laimennetussa appelsiinituoremehussa koko tutkimusjakson (168 h) ajan. Kummankin kannan bakteerimäärät laskivat laimentamattomassa mehussa. Laimennetussa mehussa toisen *Y. pseudotuberculosis* -kannan (NR-804) bakteerimäärä laski ensin (0–24 h), mutta lähti sitten uudelleen nousemaan ollen lopulta (168 h) noin yhden logaritmin verran (pmy/ml) enemmän kuin kolmannessa mittauksessa (24 h).

Pärn ym. (2015) tutkivat raakamaitoon liitetyn *Y. pseudotuberculosis* -epidemian yhteydessä bakteerin kasvua ja selviytymistä raakamaidossa. Bakteerimäärät kasvoivat tasaisesti 4°C lämpötilassa säilytetyssä maidossa 12 päivän tutkimusjakson aikana. Tutkimusjakson alussa tankista kerätyssä maidossa *Y. pseudotuberculosis*in määrä oli 2 pmy/ml. Päivinä yksi, kaksi

ja viisi bakteerimäärät olivat maidossa 5 pmy/ml, 26 pmy/ml ja 120 pmy/ml ollen lopulta 3500 pmy/ml päivänä 12. Tulokset viittaavat siihen, että *Y. pseudotuberculosis* pystyy kasvamaan ja lisääntymään maidossa kylmäsäilytyksen aikana ja saavuttamaan tartuntaan vaadittavan bakteeritason useiden päivien kylmäsäilytyksen aikana.

Yehualaeshet ym. (2013) selvittivät *Y. pseudotuberculosis* -kantojen (29838 ja NR-804) säilymistä ja kasvamista pastöroidussa ja autoklaavilla steriloidussa maidossa eri lämpötiloissa (−80°C, −20°C, 4°C, 24°C, 37°C) yhden ja kahden viikon inkubaation ajan. Pastöroidussa maidossa *Y. pseudotuberculosis* -kantojen kasvu lisääntyi sekä 4°C että 24°C lämpötilassa. Bakteerimäärät vähenivät −80°C ja −20°C lämpötiloissa, mutta bakteeria oli silti havaittavissa sekä yhden että kahden viikon inkubaation jälkeen. Tulokset autoklaavilla steriloidussa maidossa olivat samansuuntaiset, mutta erona oli se, että pastöroidussa maidossa 37°C lämpötilassa ei *Y. pseudotuberculosisista* havaittu, kun taas autoklaavilla steriloidussa maidossa samassa lämpötilassa (37°C) bakteeria havaittiin. Maidosta, joka oli kuumennuskäsitelty (67°C 30 min ja 72°C 15 s) bakteerilisäyksen jälkeen ja varastoitu 4°C lämpötilassa yhden tai kahden viikon ajan, ei saatu elpymään viljeltäviä bakteereja.

*Y. pseudotuberculosisin* selviytymistä painekäsittelyssä on tutkittu selvittäessä elintarvikeketjun turvallisuutta terrorismin näkökulmasta (Schlesser ja Parisi 2009). *Y. pseudotuberculosis* 197-bakteerikanta oli tutkimuksessa korvaamassa ruttobakteeri *Y. pestistä*. Tutkimuksessa UHT (ultra-high temperature) -käsiteltyyn rasvattomaan maitoon sekä pastöroituun appelsiinimehuun (pH n. 4,2) siirrostettiin vähintään 10<sup>5</sup>pmy/ml *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria. Tutkimuksessa 300 MPa paine ei tutkitussa ajassa (6 min) 25°C lämpötilassa ollut riittävä saavuttamaan 10<sup>5</sup> pmy:n alenemaa kummassakaan tutkitussa juomassa, mutta 500 MPa paine oli tehokas jopa lyhyillä (30 s) käsittelyajoilla. Tutkimuksessa todettiin, että *Y. pseudotuberculosisin* tehokas inaktivaatio vaatii 500 MPa paineen ja vähintään kahden minuutin pituisen käsittelyajan (Schlesser ja Parisi 2009).

Hilgren ym. (2009) tutkivat nestemäisten biosidien tehoa *Y. pseudotuberculosis* -kantaan (ATCC 29910), joka tutkimuksessa edusti *Y. pestistä*. Tutkimuksessa *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria sekoitettiin erilaisiin ruokajäänteisiin (vesi, maito, jauhot, kananmunan keltuainen), jotka kuivatettiin ruostumattomalle teräspinnalle. Pinnat altistettiin erilaisille kaupallisille

biosideille (muun muassa vetyperoksidi, natriumhypokloriitti, peretikkahappo) eri pituisiksi ajoiksi (10 ja 30 min) eri lämpötiloissa (10°C, 20°C ja 30°C). Tutkimuksessa todettiin, että kaikki tutkitut biosidit pystyivät riittävän tehokkaasti puhdistamaan *Y. pseudotuberculosis* -bakteerilla saastuneet pinnat.

Bhaduri ja Phillips (2009) selvittivät *Y. pseudotuberculosis* kasvu raa'assa naudan jauheliassa. Tutkimuksessa verrattiin bakteerin kasvu steriloidussa ja vähittäismyyntistä ostetussa raa'assa jauheliassa eri lämpötiloissa (4°C, 10°C ja 25°C). *Y. pseudotuberculosis* kasvoi hyvin kaikissa tutkituissa lämpötiloissa ja kasvussa ei havaittu eroa steriloidun ja vähittäismyyntitasoisen raa'an naudan jauhelihan välillä.

### 2.2.2 *Yersinia enterocolitica*

*Y. enterocolitica* jakautuu kahteen alalajiin: *Y. enterocolitica* ssp. *enterocolitica* ja *Y. enterocolitica* ssp. *polarctica*. *Y. enterocolitica*lla on kuusi biotyyppiä ja useita serotyyppijä, joista osa ei aiheuta tautia (Bhagat ja Viridi 2011). Euroopassa esiintyy yleisimmin bioserotyyppijä 4/O:3 ja 2/O:9 (Carniel ym. 2006). *Y. enterocolitica* merkittävimpänä reservuaarina pidetään sikoja, joiden kielessä ja nielurisoissa bakteeria on yleensä runsaasti (Fredriksson-Ahomaa ym. 2001, Laukkanen ym. 2009). Sioista *Y. enterocolitica* voi teurasprosessin kautta päätyä sianlihaan, jota pidetään bakteerin yleisimpänä tartunnanlähteenä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010).

Patogeenisiä *Y. enterocolitica* -kantoja esiintyy sikojen lisäksi myös esimerkiksi koirilla, kun taas siipikarjassa ja luonnonvaraisilla eläimillä havaitaan useammin ympäristöperäisiä, ihmiselle tautia aiheuttamattomia kantoja (Liang ym. 2015). Suomessa alle vuoden ikäisillä teuraskaritoilla on havaittu *Y. enterocolitica* bioserotyyppijä 2/O:9 ja 5/O:3 (Joutsen ym. 2016). *Y. enterocolitica* perimä on noin 50 %:sti yhtenevä *Y. pseudotuberculosis* perimän kanssa ja myös niiden virulenssitekijät ovat hyvin samankaltaiset (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010).

### 2.2.3 *Yersinia pestis*

*Y. pestis* on yksi historian tuhoisimmista bakteereista: se on aiheuttanut kolme suurta ruttoepidemiaa vaikuttaen siten suureen osaan koko maailman ihmispopulaatiosta (Benedictow 2004). Musta surma oli yksi *Y. pestiksen* aiheuttamista pandemioista ja siihen kuoli arvioiden mukaan jopa 50 % Euroopan väestöstä 1300-luvulla (Benedictow 2004). *Y. pestis* on pääasiassa jyrsijöiden ja muiden villien nisäkkäiden tauti, joka tarttuu kirppujen välityksellä (Carniel ym. 2006). *Y. pestiksen* aiheuttama paiserutto on ihmisillä nykyään harvinainen, mutta useimmiten hoitamattomana tappava tauti. Muita *Y. pestiksen* aiheuttamia taudinkuvia ovat keuhkorutto ja verenmyrkytys. *Y. pestiksellä* on kolme biotyyppiä: Antiqua, Medievalis ja Orientalis (Achtman ym. 1999). *Y. pestiksellä* on sille ominainen plasmidi pPCP1, jota ei ole muilla yersinioilla (Mikula ym. 2013).

Achtman ym. (1999) totesivat tutkimuksessaan *Y. pestis* -bakteerin olevan *Y. pseudotuberculosis* erittäin konsentroitunut kloonin. Bakteerit ovat eriytyneet toisistaan vasta 1500-20 000 vuotta sitten ja jakavat noin 97 %:sti saman perimän (Achtman ym. 1999, Wren 2003). Ne eroavat kuitenkin toisistaan merkittävästi taudinaiheuttajina: *Y. pseudotuberculosis* on ruuansulatuskanavan patogeeni, joka tarttuu feko-oraalisesti ruuan tai juoman välityksellä, kun taas *Y. pestis* leviää kirppujen välityksellä tai pisaratartuntana (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). *Y. pestis* -bakteerin nimen vaihtaminen olisi joidenkin tutkijoiden mukaan oikeutettua, koska se ei oikeastaan ole oma lajinsa vaan *Y. pseudotuberculosis* alalaji (Achtman ym. 1999). Monet tahot vastustavat kuitenkin nimen vaihtamista *Y. pestiksen* historiallisen merkittävyyden takia (Carniel ym. 2006). *Y. pseudotuberculosis* -kantoja on usein hyödynnetty tutkimuksissa *Y. pestiksen* korvaajana (Hilgren ym. 2009, Schlessen ja Parisi 2009).

### 2.2.4 Yersinioiden eristäminen ja siihen liittyvät haasteet

Patogeenisten yersinioiden eristämiseen ruuasta ja ympäristöstä liittyy useita ongelmia. Yleisesti ottaen *Y. pseudotuberculosis* ja *Y. enterocolitica* -bakteereja on helpompi saada eristettyä sairastuneiden henkilöiden potilasnäytteistä, joissa ne ovat yleensä vallitsevina

bakteereina, kuin elintarvike- ja ympäristönäytteistä, joissa tautia aiheuttavat kannat ovat yleensä vähemmistössä suuressa bakteerikirjossa (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). Bakteeria eristäessä yersiniat vaativat pitkän, jopa 4 viikkoa kestävän, inkubaatioajan eikä eristyksessä saada eroa lajien tai patogeenisten ja ei-patogeenisten kantojen välille (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2003). Lisäksi ongelmaksi voi muodostua bakteerien kyky säilyä näytteessä elävänä, mutta ei-viljeltävässä muodossa sekä viljelyalustojen alhainen sensitiivisyys yersinioille (Alexandrino ym. 2004, Fredriksson-Ahomaa ym. 2010).

*Y. enterocolitica*n havaitsemiseen PCR-menetelmillä on kehitetty useita menetelmiä ja havaitsemistasot ovatkin näitä menetelmiä hyödyntämällä suuremmat kuin bakteerin eristäminen viljelymenetelmillä (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2003). *Y. pseudotuberculosis*en havaitsemiseksi PCR-menetelmiä ei juuri ole (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010) ja niiden kehittämistä vaikeuttaa se, ettei eri *Y. pseudotuberculosis* -kantojen virulenssigeenien vaihtelevuutta vielä tunneta (Palonen 2015). Epidemiologisissa tutkimuksissa menetelmät kuten pulssikenttägeelelektroforeesi, ribotyyppitys, REAP (restriction endonuclease analysis of the plasmid), RAPD (random amplification of polymorphic DNA) ja MLVA (multiple-locus variable-number tandem-repeat analysis) ovat osoittautuneet käyttökelpoisiksi työkaluiksi bakteerien tyyppitykseen (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010, Alakurtti ym. 2016). Lupaavia tuloksia on saatu *Y. pseudotuberculosis*en nopeasta ja tarkasta havaitsemisesta maitojauheissa myös LAMP (loope-mediated isothermal amplification) -menetelmällä (Zhang ym. 2014).

## 2.3 Yersinioosi

Yersinioosiksi kutsutaan *Y. pseudotuberculosis*en ja *Y. enterocolitica*n aiheuttamaa suolistotulehdusta. Tartunnat ovat yleensä feko-oraalisia (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010) ja peräisin saastuneesta ruuasta tai vedestä (Smego ym. 1999). Yleensä tautia aiheuttavat *Yersiniat* aiheuttavat ihmisille suolistotulehdusta, suoliliepeen imusolmuketulehdusta ja ripulia (Smego ym. 1999), mutta oireet voivat vaihdella suuresti riippuen potilaan iästä ja immuunipuolustuksesta sekä bakteerin lajista ja biotyypistä (Pitkälä ym. 2009). *Y. enterocolitica*n ja *Y. pseudotuberculosis*en infektiopaikka on useimmiten ohutsuolen

loppuosa (distaalinen ileum) ja ne pystyvät invasiivisina taudinaiheuttajina tunkeutumaan suoliston epiteelisoluihin yleensä M-solujen kautta ja sitten replikoitumaan Peyerin levyissä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). Lisäksi bakteerit voivat kulkeutua imunesteen mukana suoliliepeen imusolmukkeisiin aiheuttaen siellä tulehdusta (Wren 2003).

*Y. pseudotuberculosis* aiheuttamassa yersinioosissa yleisimpiä oireita ovat yleensä kuume ja vatsakipu, ja oireet muistuttavat usein äkillistä umpilisäketulehdusta (Wren 2003). Japanissa ja Venäjällä *Y. pseudotuberculosis* -infektioita on yhdistetty vakavaan systeemiseen inflammatoriseen sairauteen (Far-East scarlet-like fever) (Timchenko ym. 2013, Amphlett 2016). *Y. enterocolitica* aiheuttamassa yersinioosissa ripulia esiintyy useammin (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). Koska patogeeniset yersiniat pystyvät kasvamaan jääkaappilämpötiloissa, lisääntyneet yersinioositapaukset on yhdistetty jääkaappien yleistymiseen 1950-luvulta lähtien (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010).

Riskiryhmässä ovat yleensä lapset, vanhukset ja immuunipuutteiset henkilöt, mutta myös terveet aikuiset voivat sairastua (Jalava ym. 2006). Infektio rajoittuu yleensä itsestään, mutta myös verenmyrkytyksiä on kuvattu etenkin henkilöillä, joilla on jokin altistava sairaus kuten diabetes, maksakirroosi tai hemosideroosi eli raudan epänormaali kertyminen kudoksiin (Carniel ym. 2006). *Y. pseudotuberculosis* -infektiota voidaan erehtyä luulemaan myös kasvainsairaudeksi, ohutsuolen loppuosan tulehdukseksi tai Crohnin taudiksi. Jälkitauteina voi esiintyä usein kyhmyruusua (erytema nodosum) ja niveltulehdusta (reaktiivinen artriitti) tai harvemmin Kawasakin autoimmuunisairautta (Galindo ym. 2011).

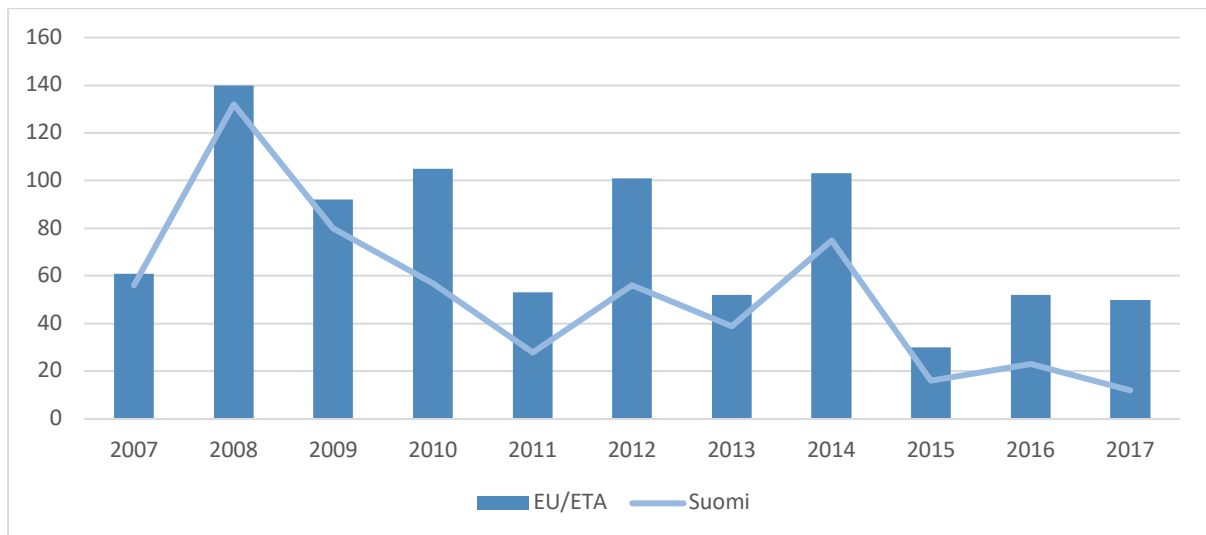
Pienintä infektiivistä annosta ei tunneta, mutta kokeellisesti infektiannon on todettu olevan noin  $10^9$  pmy (Pitkälä ym. 2009). Tyypilliset oireet ilmaantuvat yleensä 4–7 päivää altistuksen jälkeen ja voivat kestää 5–14 päivää (Carniel 2004). Vuonna 2004 Suomessa raakojen porkkanoiden syötiin yhdistetyn *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytys epidemian yhteydessä havaittiin kuitenkin jopa 4–18 päivän inkubaatioaikoja ja taudin kesto oli keskimäärin 18 päivää (Jalava ym. 2006).

Suoraa tartuntaa ihmisten välillä ei ole todettu, mutta *Y. enterocolitica* O:3 -infektoiden on eräässä tutkimuksessa epäilty tarttuvan hoitajista lapsiin (Lee ym. 1990). Verensiirtojen

välityksellä on todettu useita epäsuoria tartuntoja ihmisestä toiseen (Bottone 1999). Suora kontakti sikojen kanssa tai etenkin lasten läheinen kontakti lemmikkien kanssa voisi toimia tartunnanlähteenä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010) ja patogeeninen *Y. enterocolitica* voi tarttua ihmisiin raakaa sianlihaa syöneiden kissojen ja koirien välityksellä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2001). Kanadassa *Y. pseudotuberculosis* O:1b-tartunnan sairastaneilta henkilöiltä otettiin seurantanäytteet neljä kuukautta sairastumisen jälkeen ja heidän ulostenäytteistään ei bakteeria enää löytynyt. Tämä voisi viitata siihen, että bakteerin pitkäaikainen kantajuus ei ole erityisen yleistä (Press ym. 2001). *Y. pseudotuberculosis* -infektioihin liittyvien jälkitautilien vuoksi pitkäaikaiset terveysongelmat ovat mahdollisia: Vasalan ym. (2014) seurantatutkimuksessa *Y. pseudotuberculosis* -infektion sairastaneista 12 % (6/49) kärsi edelleen nivelkivuista vuoden kuluttua infektiosta.

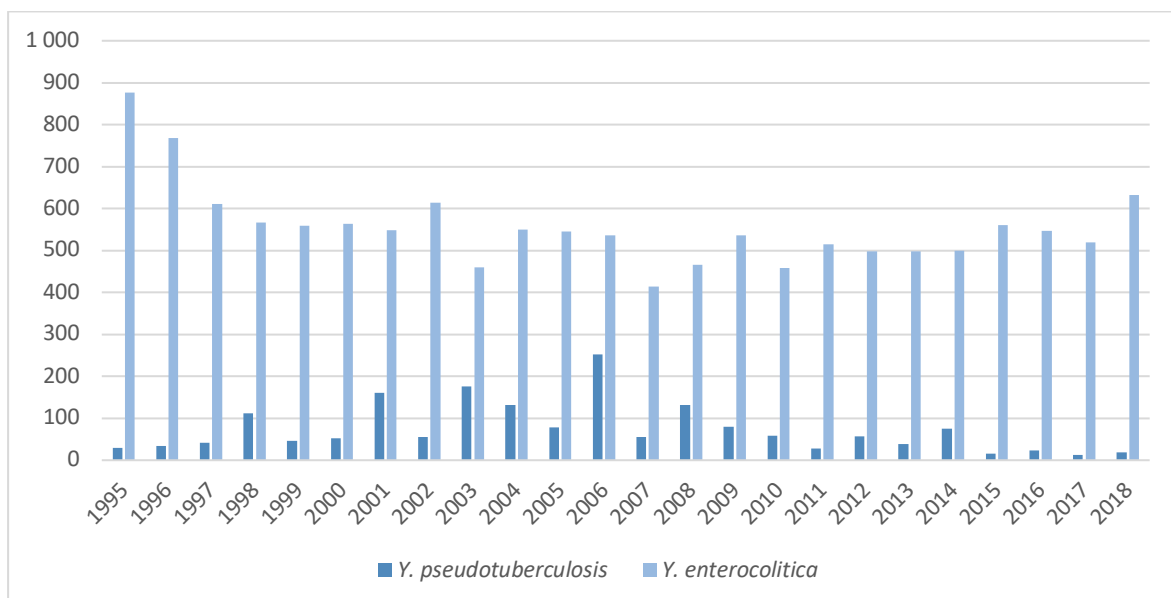
Yersiniat ovat salmonellan ja kampylobakteerin jälkeen kolmanneksi yleisin bakteeriperäisten suolistotulehdusten aiheuttaja sekä Suomessa että Euroopassa (EFSA ja ECDC 2018, THL 2018). Yersinioositapauksia oli Euroopan alueella vuonna 2017 yhteensä 6823, joista 38 % ( $n = 2586$ ) raportoitiin Saksassa (EFSA ja ECDC 2018). Suurin osa maailman yersinioositapauksista on *Y. enterocolitica*n aiheuttamia yksittäisiä tautitapauksia (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). Vuonna 2017 Euroopan Unionin (EU) alueella ja Euroopan talousalueella (ETA) suhteellisesti eniten tautitapauksia oli Suomessa, Liettuassa ja Tsekissä, joissa tapausten esiintyvyydet 100 000 asukasta kohti olivat 7,69, 6,11 ja 5,78 (EFSA ja ECDC 2018). EU ja ETA -alueilla useina vuosina suurin osa kaikista *Y. pseudotuberculosis* -tautitapauksista on ollut Suomessa (kuva 1).

Todetuista yersinioositapauksista 99,3 % oli *Y. enterocolitica*n aiheuttamia ja vain 0,7 % tapauksista oli *Y. pseudotuberculosis*in aiheuttamia (EFSA ja ECDC 2018). Vuonna 2017 *Y. pseudotuberculosis*in suurimmat osuudet yersinioositapauksista havaittiin Ruotsissa (5,5 %) ja Iso-Britanniassa (5,3 %) ja niitä raportoitiin yhteensä yhdeksässä maassa (EFSA ja ECDC 2018).



**Kuva 1.** Varmistetut *Yersinia pseudotuberculosis* -tautitapaukset EU- ja ETA-alueella ja Suomessa vuosina 2007–2017. Data on noudettu ECDC tartuntatautien tilastotietokannasta.

Suomessakin *Y. enterocolitica* aiheuttaa selvästi suurimman osan yersinioositapauksista, mutta esimerkiksi vuonna 2006 laajasta porkkanoihin yhdistetyn ruokamyrkytysepidemiasta johtuen *Y. pseudotuberculosis* aiheutti jopa kolmanneksen yersinioiden aiheuttamista tautitapauksista (Kuva 2). Vuonna 2017 Suomessa yersinioositapausten määrä oli 530, joista 2 % ( $n = 12$ ) oli *Y. pseudotuberculosis*in aiheuttamia (THL 2018).



**Kuva 2.** *Yersinia enterocolitica*n ja *Yersinia pseudotuberculosis*in aiheuttamat tautitapaukset Suomessa vuosina 1995-2018. Data on noudettu Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen tartuntatautirekisterin tilastotietokannasta.



## 2.4 *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteerin aiheuttama taudinkuva eläimillä

*Y. pseudotuberculosis* -infektioita on tavattu ainakin naudoilla, lampailla, vuohilla, peuroilla ja sioilla (Slee ja Button 1990), joilla taudinkuvana on suolistotulehdus etenkin nuorilla eläinyksilöillä sekä suoliliepeen imusolmuketulehdus (Quinn ym. 2011). Vanhemmilla yksilöillä tulehdukset ovat usein piileviä. *Y. pseudotuberculosis* voi aiheuttaa myös abortteja naudoille, lampaille ja vuohille sekä maksan paikallista kuolioitumista ja verenmyrkytyksiä marsuille ja muille laboratoriojyrsijöille (Quinn ym. 2011). *Y. pseudotuberculosis* on aiheuttanut myös utaretulehduksia naudoille (Shwimmer ym. 2007, Bleul ym. 2018).

Häkkilinnuilla on tavattu *Y. pseudotuberculosis* -infektioita aiheuttamia verenmyrkytyksiä (Quinn ym. 2011). Muita eläinlajeja, joille *Y. pseudotuberculosis* on todettu aiheuttavan tautia, ovat muun muassa egyptinkuonolepakot (Childs-Sanford ym. 2009), apinat (Bronson ym. 1972, Zhao ym. 2016, Walker ym. 2018) sekä papukaijat (Galosi ym. 2015). Näillä eläimillä oireina on kuvattu muun muassa paiseita ja muita tulehdusmuutoksia sisäelimissä, kuumetta, limaista ulostetta, syömättömyyttä, uneliaisuutta, ripulia ja luutulehdusta (Childs-Sanford ym. 2009, Quinn ym. 2011, Galosi ym. 2015, Zhao ym. 2016, Walker ym. 2018).

Monilla eläimillä *Y. pseudotuberculosis* -infektioita tavataan talvella useammin, jolloin stressitekijät, kuten ravinnonpuute, kylmyys, vieroitus ja kuljetukset voivat lisätä alttiutta infektioille (Quinn ym. 2011). Giannitti ym. (2014) tarkastelivat *Y. pseudotuberculosis* -infektioita aiheuttamia sairauksia vuohilla Kalifornian alueella Yhdysvalloissa vuosina 1990–2012. Sairauksia todettiin 42 vuohella painottuen vahvasti talvikuukausiin ja diagnoosina oli yleisimmin suolistotulehdus. Vuohilla *Y. pseudotuberculosis* on tärkeä taudinaiheuttaja, joka aiheuttaa suolistotulehdusta, suoliliepeen imusolmuketulehdusta, verenmyrkytystä, istukkatulehdusta, luomisia ja utaretulehdusta. Lisäksi niillä on kuvattu silmän sidekalvontulehduksia (Wessels ym. 2010). Kaliforniassa tutkituilla vuohilla havaittiin suolistotulehduksen lisäksi *Y. pseudotuberculosis* -infektioita aiheuttamia paiseita, abortteja, silmän sidekalvontulehdusta sekä maksatulehdusta (Giannitti ym. 2014).

## 2.5 *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteerin esiintyminen eläimissä ja luonnossa

*Y. pseudotuberculosis* on eristetty useista eri eläinlajeista villinisäkkäistä, linnuista ja kotieläimistä (Quinn ym. 2011) ja etenkin jyrsijöiden on pitkään ajateltu olevan *Y. pseudotuberculosis*en pääasiallinen reservuaari (Fredriksson-Ahomaa ym. 2010). Tutkimusnäyttö reservuaareista ja villieläinten osuudesta *Y. pseudotuberculosis*en epidemiologiaan on kuitenkin edelleen vähäistä, vaikka useissa tutkimuksissa on epäilty niiden merkittävyyttä esimerkiksi porkkanoihin ja jäävuorisalaattiin yhdistettyjen ruokamyrkytysepidemioiden yhteydessä (Nuorti ym. 2004, Jalava ym. 2006, Kangas ym. 2008, Rimhanen-Finne ym. 2009). *Y. pseudotuberculosis*en esiintyvyydestä lihasioilla ja villisioilla on tutkittu paljon yhdessä *Y. enterocolitica*n esiintyvyyden kanssa (Niskanen ym. 2002, Niskanen ym. 2003, Laukkanen ym. 2008, Novoslavskij ym. 2010). Joitakin tutkimuksia *Y. pseudotuberculosis*en esiintyvyydestä muilla nisäkkäillä ja linnuilla (Fukushima ja Gomyoda 1991, Nikolova ym. 2001, Niskanen ym. 2003, Pohjola ym. 2016) ja kotieläimillä (Yanagawa ym. 1978) on olemassa, mutta sen esiintymistä maaperässä ja vesistöissä ei juuri ole tutkittu (Buzoleva ja Somov 2003).

### 2.5.1 Jyrsijät ja villit piennisäkkäät

Jyrsijöiden on usein epäilty olevan *Y. pseudotuberculosis*en pääasiallinen reservuaari ja niiden yhteydestä elintarvikkeiden saastumiseen ja ihmisten sairastumiseen on saatu viitteitä useiden *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytysepidemioiden yhteydessä (Nuorti ym. 2004, Jalava ym. 2006, Kangas ym. 2008).

Zen-Yoji ym. (1974) tutkivat *Y. pseudotuberculosis*en esiintyvyyttä rotilla Japanissa vuonna 1972 eivätkä saaneet eristettyä *Y. pseudotuberculosis*ta yhdeltäkään tutkituista rotista ( $n = 165$ ). Fukushima ym. (1989) saivat *Y. pseudotuberculosis* -infektioon sairastuneiden lasten leikkiympäristöä tutkiessaan eristettyä tutkituista jyrsijöistä ( $n = 3$ ) 2 positiivista tulosta, jotka olivat serotyyppiä O:4a ja O:5a. Fukushima ym. (1990) selvittivät hiirien ( $n = 1530$ ) ja myyrrien ( $n = 174$ ) *Y. pseudotuberculosis* -kantajuutta Japanissa. *Y. pseudotuberculosis*en prevalenssi

oli hiirillä 3 % ( $n = 44$ ) ja myyrillä 15% ( $n = 26$ ). Fukushima ym. (1990) totesivat, että etenkin nuoret yksilöt, jotka syntyvät kylmään vuodenaikaan jyrsijöiden lisääntymiskaudella, ovat tärkeä *Y. pseudotuberculosis* reservuaari.

Joutsen ym. (2017) pyydystivät tutkimuksessaan villejä piennisäkkäitä ( $n = 1840$ ), kuten päästäisiä ( $n = 293$ ), myyriä ( $n = 1171$ ) ja hiiriä ( $n = 376$ ) ja ottivat niiltä näytteitä suuontelosta ja suolistosta. *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria saatiin eristettyä vain päästäisiltä ( $n = 2$ ), joten ne voisivat mahdollisesti olla bakteerin kantajia ja levittäjiä luonnossa. Päästäinen oli tutkimuksessa ainut laji, joka tiettävästi myös eritti *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria ulosteisiinsa (Joutsen ym. 2017).

*Y. pseudotuberculosis* on saatu eristettyä päästäisten suolistosta myös Kankaan ym. (2008) tutkimuksessa, jossa tutkijat jäljittivät vuonna 2004 porkkanoihin liitetyn ruokamyrkytys epidemian tilatasolle Suomessa. Tutkijat keräsivät päästäisten suolistoista yhteisnäytteen, jossa todettiin *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria.

Fahlgren ym. (2014) tutkivat laboratoriohiirillä *Y. pseudotuberculosis* aiheuttamaa suolistotulehdusta ja kantajuutta aikaisempia tutkimuksia alhaisemmilla infektiomäärillä ( $10^6 - 10^7$  pmy/ml). Tutkimuksessa saatiin eristettyä bakteeria oireettomilta hiiriltä ja todettiin, että hiiret voivat kehittää alhaisilla bakteerimäärillä infektoituna pitkäkestoisen oireettoman *Y. pseudotuberculosis* -infektion paksusuoleen ja erittää bakteeria ulosteisiinsa.

Le Guern ym. (2016) tarkastelivat Ranskan tilannetta yersinioosin osalta 50 vuoden ajalta. Yleisimmät yersiniat olivat *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis*. Niiden esiintyvyydessä ihmisissä, eläimissä ja ympäristössä oli suuria eroja: *Y. enterocolitica* oli selvästi yleisempi ihmisten taudinaiheuttajana, kun taas *Y. pseudotuberculosis* oli vallitseva löydös eläimillä. *Y. pseudotuberculosis* oli aiheuttanut vain noin 6 % ihmisten yersinioositapauksista, kun taas eläimillä se oli vallitseva löydös (97 %). Suurin osa eläimiltä eristetyistä *Y. pseudotuberculosis* -löydöksistä tehtiin kuolleilta eläimiltä, kun taas *Y. enterocolitica* -löydöksistä suurin osa oli eristetty eläviltä eläimiltä. Tämä voisi viitata Le Guernin ym. (2016) tutkimuksen mukaan *Y. pseudotuberculosis* suurempaan patogeenisuuteen. *Y. pseudotuberculosis* alttiita eläinlajeja ovat etenkin kanit epidemioiden aikaan sekä eläintarhaeläimistä esimerkiksi apinat

ja kissaeläimet. Bakteeria eristettiin myös esimerkiksi linnuilta ja jyrsijöiltä, joiden alttius *Y. pseudotuberculosis* aiheuttamalle taudille on pienempi ja ne kehittävät yleensä lievemmän muodon taudista. Tällöin ne voivat toimia reservuaarina ja levittää tehokkaasti bakteeria ympäristöönsä (Le Guern ym. 2016).

Ranskassa ilmaantui talvella vuosina 2004—2005 normaalia enemmän *Y. pseudotuberculosis* -tautitapauksia. Tautitapaukset olivat eri puolilla Ranskaa eikä niiden välille löytynyt yhdistäviä tekijöitä. Tutkijat havaitsivat *Y. pseudotuberculosis* -verenmyrkytysten esiintyvyyden lisääntyvän viiden vuoden jaksoissa. Samaa ilmiötä on havaittu jänisruton osalta ja siksi tutkijat esittävät jyrsijöiden olevan erittäin mahdollinen *Y. pseudotuberculosis* reservuaari samaan tapaan kuin jänisruttobakteerilla (Vincent ym. 2008).

## 2.5.2 Linnut

Fukushima ja Gomyoda (1991) ovat tutkimuksessaan saaneet *Y. pseudotuberculosis* prevalenssiksi linnuilla Japanissa 0,8 % ( $n = 259$ ). Niskanen ym. (2003a) selvittivät *Y. pseudotuberculosis* ja *Y. enterocolitica* -bakteerien esiintymistä muuttolinnuilla Ruotsissa. Tutkimuksen kohteena olivat erityisesti tautia aiheuttavat kannat ulosteissa sekä bakteerien virulenssitekijät. *Y. pseudotuberculosis* prevalenssi tutkituilla linnuilla ( $n = 468$ ) oli 0,6 %. *Y. pseudotuberculosis* eristettiin yhteensä kolmelta linnulta, jotka olivat rastaiden heimoon kuuluvia lajeja (laulurastas ja punakylkirastas). Näytteet oli otettu kevätmuuton aikaan ja ne olivat bioserotyyppiä 1/O:2. Vähäinen esiintyminen viittaisi siihen, että linnut tuskin ovat suora tartuntalähde tai suuri riski ihmisten terveydelle (Niskanen ym. 2003a).

Pohjola ym. (2016) selvittivät zoonoottisia kansanterveysuhkia, joita pihoilla pidettävät harrastekanat voisivat aiheuttaa. Tutkimuksessa tutkittujen kanojen kloaakkanäytteistä ( $n = 457$ ) yhdestä (0,2 %) eristettiin *Y. pseudotuberculosis*. Kanta oli serotyyppiä O:1. Tutkimuksessa bakteeri saatiin eristettyä ilman erillistä rikastamista, mikä viittaa siihen, että kyseinen yksilö on erittänyt sitä varsin runsaasti. Tutkimuksen perusteella takapihojen harrastekanat saattavat aiheuttaa paikallista terveysuhkaa etenkin niiden omistajille, ellei hyvästä käsittelyhygieniasta pidetä huolta.

## 2.5.3 Tuotantoeläimet

*Y. pseudotuberculosis* on eristetty tuotantoeläimistä lähinnä sioista (Niskanen ym. 2002, Laukkanen ym. 2008, Bonardi ym. 2016) ja märehitijöistä, kuten naudoista (Shwimmer ym. 2007, Pärn ym. 2015) ja vuohista (Giannitti ym. 2014).

### 2.5.3.1 Siat

*Y. pseudotuberculosis* esiintyvyys sikojen nielurisoissa eli tonsilloissa vaihtelee välillä 0,3—18 % (taulukko 1) ja ulosteessa välillä 0,6—10 % (taulukko 2).

**Taulukko 1.** *Yersinia pseudotuberculosis* esiintyvyys teurassikojen nielurisoissa teurastamoilla.

| Maa           | Sikatilat      |                                    |    | Nielurisanäytteet |                                    |     | Serotyyppi    | Viitteet                   |
|---------------|----------------|------------------------------------|----|-------------------|------------------------------------|-----|---------------|----------------------------|
|               | Luku-<br>määrä | Y. pseudotuberculosis<br>isolaatit |    | Näyte-<br>määrä   | Y. pseudotuberculosis<br>isolaatit |     |               |                            |
|               |                | n                                  | %  |                   | n                                  | %   |               |                            |
| Belgia        | 100            | 7                                  | 6  | 7047              | 23                                 | 0,3 | ET            | Vanantwerpen ym. 2014      |
|               | 10             | ET                                 | ET | 201               | 5                                  | 2   | O:1, O:2, O:3 | Ortiz Martínez ym. 2011    |
| Iso-Britannia | 45             | 35                                 | 78 | 630               | 114                                | 18  | O:1, O:3, O:4 | Ortiz Martínez ym.2010     |
| Italia        | 22             | 3                                  | 14 | 428               | 5                                  | 1   | O:1, O:2      | Ortiz Martínez ym. 2011    |
| Kiina         | ET             | ET                                 | ET | 4495              | 4                                  | 0,1 | ET            | Liang ym. 2012             |
| Kreikka       | ET             | ET                                 | ET | 455               | 3                                  | 0,7 | ET            | Kechagia ym. 2007          |
| Latvia        | 47             | 6                                  | 13 | 404               | 12                                 | 3   | ET            | Terentjeva ja Berzins 2010 |
|               | 5              | 3                                  | 60 | 109               | 5                                  | 5   | O:3           | Ortiz Martínez ym.2009     |
| Saksa         | ET             | ET                                 | ET | 232               | 3                                  | 1   | ET            | Weber ym. 1983             |
|               | ET             | ET                                 | ET | 480               | 28                                 | 6   | O:1, O:2      | Weber ja Knapp 1981c       |
| Suomi         | 55             | ET                                 | ET | 301               | 8                                  | 3   | O:3           | Laukkanen ym. 2010         |
|               | 15             | 6                                  | 40 | 350               | 34                                 | 10  | O:3           | Laukkanen ym. 2008         |
|               | 15             | 2                                  | 27 | 358               | ET                                 | ET  | O:3           | Laukkanen ym. 2008         |
|               | ET             | ET                                 | ET | 210               | 8                                  | 4   | O:3           | Niskanen ym. 2002          |
|               | ET             | ET                                 | ET | 120               | 11                                 | 9   | O:3           | Merilahti-Palo ym. 1991    |
| Venäjä        | 10             | 6                                  | 60 | 197               | 13                                 | 7   | O:3           | Ortiz Martínez ym.2009     |
| Viro          | 15             | 2                                  | 13 | 151               | 2                                  | 1   | O:3           | Ortiz Martínez ym.2009     |

ET; ei tietoa

**Taulukko 2.** *Yersinia pseudotuberculosis* esiintyvyys teurassikojen ulosteessa teurastamoilla.

| Maa     | Sikatilat      |                                    |    | Ulostenäytteet  |                                    |     | Serotyyppi             | Viitteet              |
|---------|----------------|------------------------------------|----|-----------------|------------------------------------|-----|------------------------|-----------------------|
|         | Luku-<br>määrä | Y. pseudotuberculosis<br>isolaatit |    | Näyte-<br>määrä | Y. pseudotuberculosis<br>isolaatit |     |                        |                       |
|         |                | n                                  | %  |                 | n                                  | %   |                        |                       |
| Italia  | 25             | ET                                 | ET | 98              | 1                                  | 1   | ET                     | Bonardi ym. 2007      |
| Japani  | 96             | 15                                 | 16 | 1200            | 7                                  | 1   | O:1, O:2,<br>O:3, O:4b | Fukushima ym. 1989    |
| Liettua | 11             | 6                                  | 55 | 110             | 11                                 | 10  | O:3                    | Novoslavskij ym. 2013 |
|         | 7              | 4                                  | 57 | 70              | 8                                  | 11  | O:3                    | Novoslavskij ym. 2010 |
| Saksa   | ET             | ET                                 | ET | 1206            | 7                                  | 0,6 | O:1, O:2, O:3          | Weber ja Knapp 1981a  |
|         | ET             | ET                                 | ET | 631             | 5                                  | 1   | O:2, O:3               | Weber ja Lembke 1981  |
| Suomi   | 55             | ET                                 | ET | 301             | 13                                 | 4   | O:3                    | Laukkanen ym. 2010    |
|         | 15             | 2                                  | 27 | 358             | 24                                 | 7   | O:3                    | Laukkanen ym. 2008    |

ET; ei tietoa

Pohjois-Italiassa tutkittiin heinäkuusta 2013 lokakuuhun 2014 *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* esiintyvyyttä teurassikojen nielurisoissa. *Y. pseudotuberculosis* esiintyi 2 %:lla (2/201) ja *Y. enterocolitica* 27,4 %:lla (Bonardi ym. 2016).

Suomessa lihasikojen ja emakkojen *Y. pseudotuberculosis* -esiintyvyyttä nielurisoissa on tutkittu teurastamoilla vuosina 1999 ja 2000, jolloin esiintyvyys oli lihasioilla keskimäärin 4 % (8/210). Kaikki tutkitut kannat olivat bioserotyyppiä 2/O:3. Prevalenssi vaihteli 0–10 % välillä teurastamosta riippuen. Emakoista (n = 215) *Y. pseudotuberculosis* ei löytynyt (Niskanen ym. 2002).

Niskanen ym. (2008) tutkivat *Y. pseudotuberculosis* serotyyppin O:3 esiintyvyyttä sikojen ulosteessa tilatasolla sikatiloilla Suomessa. Tutkimuksessa havaittiin, että bakteeri pystyy säilymään sikapopulaatiossa, siirtymään ryhmästä toiseen ja leviämään sikalaympäristössä. Lihasiat, jotka olivat iältään 2–6 kuukautta, kantoivat bakteeria muita ikäryhmiä useammin. Tätä vanhemmille sioille on jo voinut kehittyä vastustuskyky bakteeria kohtaan ja tätä nuoremmilla voi olla vielä jäljellä maternaalisia eli emältä ternimaidon välityksellä saatuja vasta-aineita. Tutkimuksessa todettiin, että siat voivat olla riski ihmisten *Y. pseudotuberculosis* O:3 infektioille. Prevalenssi ulosteissa vaihteli välillä 5–26 % jatkuvatäytteisessä kasvatustavassa ja 1–5 % kertatäytteisissä sikaloissa.

Novoslavskij ym. (2013) tarkastelivat yersinioiden esiintyvyyttä sioilla ulosteissa ja ruhoissa tilatasolla ja teurastuksen yhteydessä Liettuassa. *Y. pseudotuberculosis* löydettiin 45 %:lta sikatiloista ( $n = 11$ ), joilta näytteitä otettiin. *Y. enterocolitica* prevalenssi oli 64 %. *Y. pseudotuberculosis* esiintyvyys ulosteissa oli teurastamolla 10 % (11/110) ja tilatasolla 9 % (8/90) (Novoslavskij ym. 2013). Tutkimuksessa arvellaan yersinioiden korkean prevalenssin olevan yhteydessä Liettuassa esiintyvään yhteen EU:n korkeimmista esiintyvyyksistä ihmisten yersinioositapauksissa (EFSA ja ECDC 2018). Tutkimuksessa tilojen määrä oli kuitenkin vähäinen, joten laajempia johtopäätöksiä koko maan *Y. pseudotuberculosis* -esiintyvyydestä ei voida tehdä.

Laukkanen ym. (2008) tutkivat *Y. pseudotuberculosis* esiintyvyyttä sikojen ulosteissa tilatasolla Suomessa ja totesivat prevalenssien olevan suurempia luomutuotannossa tavalliseen verrattuna. Tiloilla prevalenssit olivat 19 % (23/121) luomutuotannossa ja 3 % perinteisessä tuotannossa (6/243). Kaikki perinteisen tuotannon *Y. pseudotuberculosis* -havainnot (6/125) tehtiin suurilla tuotantotiloilla, joilla porsaiden määrä oli yli 1000. Kaikista tutkituista näytteistä ( $n = 364$ ) positiivisia oli 8 % ( $n = 29$ ) (Laukkanen ym. 2008).

#### 2.5.3.2 Märehtijät

Pärn ym. (2014) tutkivat raakamaitoon liitetyn epidemiaselvityksen yhteydessä raakamaitoa tuottaneen tilan lehmien ulostenäytteitä ( $n = 9$ ). Kahdella yhdeksästä lehmästä havaittiin *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria ulosteessa. Lehmien ulosteesta eristetyt isolaatit eivät olleet samaa genotyyppiä kuin potilasnäytteistä, raakamaidosta ja maitosuodattimesta eristetyt *Y. pseudotuberculosis* -isolaatit. Japanissa on raportoitu yhden lehmän ulosteesta eristetystä *Y. pseudotuberculosis* O:2b -serotyypistä ensimmäisen kerran jo vuonna 1983 ( $n = 618$ ) (Fukushima ym. 1983). *Y. pseudotuberculosis* voi aiheuttaa lehmille utaretulehdusta, mutta se on harvinainen (Shwimmer ym. 2007) eikä sitä ole Suomessa eristetty utaretulehdusnäytteistä (Pitkälä ym. 2009).

## 2.5.4 Villisiat

*Y. pseudotuberculosis* esiintymistä villisioilla on tutkittu Saksassa ja Sveitsissä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2009, Reinhardt ym. 2018). Saksassa tutkittiin 503 villisian nielurisat sekä PCR-että viljelymenetelmällä. Prevalenssiksi saatiin PCR -menetelmällä 6 % ja viljelymenetelmällä 2 % (Reinhardt ym. 2018). Sveitsissä Fredriksson-Ahomaa ym. (2009) saivat viljelymenetelmällä lähes saman tuloksen (3 %), mutta PCR -menetelmällä prevalenssi oli 20 % tutkituista eläimistä. *Yersinioiden* esiintymistä sioilla ja villisioilla on tutkittu myös Tsekissä, mutta tutkimuksessa ei tehty eroa *Y. enterocolitican* tai *Y. pseudotuberculosis* välillä (Lorencova ym. 2016). Nikolovan ym. (2001) tutkimuksessa Bulgariassa tutkituilta villisioilta ( $n = 2$ ) saatiin molemmilta eristettyä *Y. pseudotuberculosisista* sisäelimistä. Villisioilla on todettu Espanjassa jopa 25 % prevalenssia (Arrausi-Subiza ym. 2016).

## 2.5.5 Muut villieläimet

Fukushima ja Gomyoda (1991) selvittivät *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin kantajuutta villeillä linnuilla ja nisäkkäillä Japanissa vuosina 1986-1990. Bakteeri saatiin eristettyä 5,6 %:lta tutkituista nisäkkäistä ( $n = 610$ ). Yleisin serotyyppi oli 4b. Myös serotyyppejä 1b, 2b, 3, 5a ja 6 löydettiin. Yleisimmin kantajana olivat supikoirat ( $n = 23$ ), peurat ( $n = 8$ ) ja jänikset ( $n = 2$ ). Tutkituista supikoirista ( $n = 164$ ) positiivisia oli 14 %. Eläimiltä eristetyn serotyypin ja samalta alueelta tutkittujen ihmisten yleisimmin kantaman serotyypin välillä todettiin yhteys. Bakteeria eristettiin sekä lihansyöjäeläimiltä että kasvinsyöjäeläimiltä, mutta myös maaperästä ja purovesistä. Tämä viittaisi, että *Y. pseudotuberculosis* pystyy infektoimaan eläimiä sekä saalistuksen yhteydessä että ympäristön välityksellä. Aikaisemmin *Y. pseudotuberculosisista* on saatu eristettyä yhdestä jäniksestä ( $n = 60$ ) Japanin vuoristoalueelta, jossa oli todettu serotyypin O:4b *Y. pseudotuberculosis* -tautitapaus. Jäniksestä eristetty isolaatti oli serotyyppiä O:2c (Tsukobura ym. 1984).

Bulgariassa on tutkittu *Y. enterocolitican* ja *Y. pseudotuberculosis* esiintyvyyttä villieläimillä, kuten jäniksillä, villisioilla, jakeilla, punaketuilla, mufloneilla ja saukoilla. Yhtä kuolleena löydettyä muflonia lukuunottamatta näytteet oli otettu terveistä eläimistä, jotka oli tapettu metsästyksen yhteydessä. Näytteitä otettiin eri sisäelimistä (sydän, keuhkot, perna,



maksa, munuaiset) sekä nielurisoista, kielestä ja imusolmukkeista sekä kuolleena löydetyn muflonin ulosteesta. Kuolleena löydetyllä muflonilla oli havaittu ripulia ja sen ulostenäytteestä eristettiin *Y. pseudotuberculosis*. Tutkituista villieläimistä ( $n = 37$ ) 67,6 %:lta saatiin eristettyä *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria. Vallitseva serotyyppi tutkimuksessa oli O:3 (27 %) ja serotyyppi O:2 oli seuraavaksi yleisin (24,3 %). Lajeja, joilta *Y. pseudotuberculosis* saatiin eristettyä, olivat esimerkiksi villisiat, ketut ja muflonit. Tutkittujen eläinten määrä on kuitenkin pieni, eikä tutkimuksessa eritelty, saatiinko samoilta eläimiltä eristettyä sekä *Y. pseudotuberculosis* että *Y. enterocoliticaa*. Tutkimuksen perusteella kuitenkin useat eri villieläimet voivat toimia yersinioiden reservuaarina Bulgarian vuoristoseudulla (Nikolova ym. 2001).

## 2.5.6 Eläimet eläintarhoissa ja koe-eläinkeskuksissa

Rosamond Giffordin eläintarhassa New Yorkissa egyptinkoirankuonolepakoilla todettiin suljetussa populaatiossa *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin aiheuttama taudinpurkaus, jossa kuoli useita ( $n = 7$ ) lepakoita kuuden viikon aikana (Childs-Sanford ym. 2009). Jäljelle jääneistä lepakoista tutkittiin alustavasti 12, joista 42 %:lla ( $n = 5$ ) oli *Y. pseudotuberculosis* -infektioon viittaavia muutoksia vatsaontelossa. Lepakoilla esiintyi akuuttia ja kroonista muotoa ja ne kuolivat itsestään tai jouduttiin eläinsuojelullisista syistä lopettamaan. Yleisimmin sairastuneilla lepakoilla oli paiseita maksassa, pernassa, munuaisissa ja keuhkoissa. Krooninen muoto oli tässä populaatiossa yleisempi. Stressi oli todennäköinen altistava tekijä sairastumisille ja stressiä on voinut aiheuttaa esimerkiksi ahtaat olosuhteet. Todennäköisin lähde on tutkijoiden mukaan ollut jyräjät, vaikka tutkituista hiiristä ( $n=3$ ) sitä ei löytynytäkään (Childs-Sanford ym. 2009).

Kaliforniassa kädellisten biologian keskuksessa Davisissä todettiin *Y. pseudotuberculosis* taudinpurkaus apinoilla. Bakteeri eristettiin yhdeksältä eläimeltä ja tyypillisiä histopatologisia löydöksiä löytyi raadonavauksessa yli 20 eläimeltä tutkituista 250 eläimestä (Bronson ym. 1972). Pekingissä Kiinassa todettiin vuonna 2014 reesusapinoilla taudinpurkaus, jossa kuolleisuus oli suurta. Taudinaiheuttajaksi todettiin *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin serotyyppi O:1a. Bakteeria eristettiin raadoilta useista eri elimistä. Kuusi apinaa 18:sta kuoli yllättäen lyhyen sairastamisen jälkeen. Oireina ennen kuolemaa olivat kuume, limainen uloste

ja syömättömyys. Sairastuneet eristettiin ja niitä yritettiin hoitaa antibiootein. Raadonavauksessa löydöksenä olivat verenpurkaumat maksassa, munuaisissa ja suolistossa. Kudosnäytteitä otettiin mm. keuhkoista, maksasta, suolistosta ja munuaisista. Näytteistä eristettiin *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria. Tartunnan lähde jäi epäselväksi. Apinoiden häkkien läheltä pyydystetyiltä rotilta ei bakteeria löytynyt (Zhao ym. 2016).

Walker ym. (2018) kuvasivat artikkelissaan ensimmäisen tapauksen, jossa *Y. pseudotuberculosis* on aiheuttanut osteomyeliittiä eli luutulehdusta muille kädellisille kuin ihmisille. Sairastunut laji oli rengashäntämaki. Kyseisellä yksilöllä oli oireina alentunut ruokahalu, laihtuminen ja alentunut liikkuvuus etenkin vasemmassa takajalassa. Raadonavauksessa todettiin paiseita useissa sisäelimissä sekä vakavaa kuolioitumista, tulehdusta ja suuria bakteeriesiintymiä lihaksistossa ja luustossa etenkin lantion, kylkiluiden ja niskanikamien alueella.

## 2.5.7 Lemmikkieläimet

Japanissa kaksi saman perheen lasta sairastuivat *Y. pseudotuberculosis* -infektioon juotuaan takapihalla olleen vesilätäkön vettä. Vesi oli ilmeisesti ollut kissan ulosteiden saastuttamaa ja tutkimuksessa saatiin eristettyä *Y. pseudotuberculosisista* kahdesta pihalta näytteeksi kerätystä kulkukissan ulosteesta ( $n = 6$ ). Yanagawa ym. (1978) tutkivat terveiden koirien ( $n = 704$ ) ja kissojen ( $n = 373$ ) kantajuutta Japanissa. *Y. pseudotuberculosisin* suhteen positiivisia oli 1,8 % ( $n = 13$ ) tutkituista koirista ja 3,2 % ( $n = 12$ ) tutkituista kissoista. Kameyama ym. (2016) tutkivat patogeenisten yersinioiden esiintyvyyttä lemmikkijärsijöillä, -kaneilla ja -oravilla ( $n = 151$ ) Japanissa. *Y. enterocoliticaa* eristettiin viideltä hamsterilta, mutta *Y. pseudotuberculosisista* ei tutkimuksessa saatu eristettyä tutkituista eläimistä.

Helmikuussa 2013 tehtiin kahdelle kuolleelle Amazonin papukaijalle raadonavaus. Papukaijat olivat peräisin ulkokasvattamosta Keski-Italiasta. Papukaijat olivat sairastuneet kolme päivää ennen kuolemaansa oireina uneliaisuutta, pörröttyneitä höyheniä, kirkkaanvihreitä ulosteita ja ripulia. Raadonavauksessa molemmilla oli normaali höyhenpeite, mutta ruumiinkunnoltaan ne olivat laihoja. Sisäelimissä oli useita keltaisia multifokaalisia muutoksia maksassa, pernassa, sydänpussissa, munuaisissa ja keuhkoissa. Ilmapussit olivat paksuuntuneet. Suolen

luumenissa oli *Ascarisia* -loisen aikuismuotoja. Muutokset viittasivat vakavaan bakteremiaan. *Y. pseudotuberculosis* bakteeri eristettiin ja sen serotyypiksi tunnistettiin O:1a. *Y. pseudotuberculosis* ei kuulu näiden lintujen normaaliin mikrobiomiin ja siksi se yhdistettiin sairastumiseen. Tartuntalähde jäi epäselväksi (Galosi ym. 2015).

### 2.5.8 Madot ja hyönteiset

Gengler ym. (2015) totesivat tutkimuksessaan, että entomopatogeeniset nematodit eli hyönteisille tautia aiheuttavat sukkulamadot pystyvät toiminaan tehokkaana reservuaarina *Y. pseudotuberculosis* mahdollistaen sen eksponentiaalisen lisääntymisen ja leviämisen. Kärpästen on myös todettu voivan toimia *Y. pseudotuberculosis* vektorina (Zurek ym. 2001). Matojen osuutta *Y. pseudotuberculosis* kiertokulkuun maaperässä on pohdittu myös Joutsenen ym. (2017) tutkimuksessa.

### 2.5.9 Maaperä ja vesistöt

Buzoleva ja Somov (2003) ovat tutkineet *Y. pseudotuberculosis* muuntumista maaperässä pitkällä aikavälillä. Virulenssin muuttumisen lisäksi tutkittiin bakteerin viljelyominaisuuksia sekä morfologiaa, biokemiallisia ja antigeenisia ominaisuuksia. Tutkimuksessa *Y. pseudotuberculosis* säilyi muuttumattomana morfologisilta, antigeenisilta ja viljelyominaisuuksiltaan kevät – ja kesäajan (seitsemän kuukautta), mutta sen virulenssi väheni selvästi. Kokonaisen yhdeksän kuukauden tutkimusjakson aikana bakteerin muutkin ominaisuudet muuntuivat ja sen virulenssi väheni tai katosi kokonaan, vaikka bakteeri säilyi maaperässä hyvin.

Niskanen ym. (2003) tutkivat *Y. pseudotuberculosis* jäävuorisalaatissa ja kasvatusympäristössä jäävuorisalaattia tuottavilla tiloilla Ahvenanmaalla, johon jäljitettävyytstudkimus oli Nuortin ym. (2004) *Y. pseudotuberculosis* -epidemiaselvityksen yhteydessä johtanut. Tutkituista ympäristönäytteistä yhdestä maaperänäytteestä ja yhdestä huuhteluvesinäytteestä saatiin eristettyä *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria. Alueella havaittiin

paljon metsäkauriita ja niiden ulostetta, mutta niiden yhteyttä epidemiaan ei saatu selvitettyä (Nuorti ym. 2004).

Tashiro ym. (1991) ovat tutkineet *Y. enterocolitica*n selviytymistä maaperässä sekä joki- ja kaivovedessä. Tutkituista serotyypeistä O:3 katosi kaikkein nopeimmin maaperästä molemmissa tutkituissa lämpötiloissa (4°C ja 20°C) sekä jokivedestä 20°C lämpötilassa. Serotyypit O:5b ja O:9 katosivat kylmemmässä lämpötilassa nopeammin kuin O:3, mutta maaperässä O:9 säilyi yhtä pitkään 4°C lämpötilassa kuin ei-virulentit kannat. *Y. pseudotuberculosis*en säilymistä vesistössä ei vielä juuri tunneta, mutta on todettu, että se voi säilyä pitkään luonnonvesissä ja kaivovesissä (Inoue ym. 1988).

Fukushima ym. (1989) ovat saaneet eristettyä *Y. pseudotuberculosis*ta kuivuneen vesilätäkön maaperänäytteestä ja hiekkalaatikon hiekasta Japanissa vuonna 1988 tutkiessaan ympäristönäytteitä liittyen kahden lapsen *Y. pseudotuberculosis* -infektioon. Tutkimuksessa epäiltiin infektoituneen kulkukissan saastuttaneen ympäristön, jossa sairastuneet lapset leikkivät.

On epäilty, että *Y. pseudotuberculosis* voisi säilyä pitkään laitumella kylmissä ja kosteissa oloissa ja ylläpitää laiduntavien eläinten feko-oraalisia tartuntoja talvikuukausina, jolloin tautia ilmenee useammin (Quinn ym. 2011). Suomessa porkkanoihin liitetyn ruokamyrkytys epidemian yhteydessä *Y. pseudotuberculosis*en sairastumisiin yhdistettyä sero- ja genotyyppiä saatiin eristettyä porkkanoita käsitelleen tilan maaperästä yli kaksi kuukautta epidemiaan yhdistettyjen porkkanoiden käsittelyn jälkeen (Jalava ym. 2006). Tämä viittaa *Y. pseudotuberculosis*en kykyyn säilyä hyvin maaperässä.

## 2.6 *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteerin esiintyminen elintarvikkeissa ja tuotantoympäristössä

*Y. pseudotuberculosis* -bakteeri on aiheuttanut ruokamyrkytyksiä ainakin raakojen porkkanoiden, jäävuorisalaatin, vihannesmehun, lähdeveden, pastöroidun maidon ja raakamaidon välityksellä (Inoue ym. 1984, Nowgesic ym. 1999, Han ym. 2003, Jalava ym. 2006, Kangas ym. 2008, Rimhanen-Finne ym. 2009, Pärn ym. 2015). Bakteeria on kuitenkin saatu eristettyä elintarvikkeista vain harvoin (Fredrikson-Ahomaa ym. 2010, taulukko 3). Sikojen teurasruhojen *Y. pseudotuberculosis* -prevalensseja on tutkittu useissa maissa (Niskanen ym. 2002, Laukkanen ym. 2008, Ortiz Martínez ym. 2011).

**Taulukko 3.** Elintarvikkeita ja sikojen teurasruhoja, joista on eristetty *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteeri

| Elintarvike      | Serotyyppi | Eristysmaa | Vuosi                | Viite   |
|------------------|------------|------------|----------------------|---|
| Jäävuorisalaatti | O:3        | Suomi      | 1998–2000            | Nuorti ym. 2004                                       |
| Lähdevesi        | O:4b       | Japani     | 1984                 | Tsukobura ym. 1989                                    |
| Pastöroitu maito | O:1b       | Kanada     | 1998                 | Nowgesic ym. 1999                                     |
| Porkkana         | O:1        | Suomi      | 2003<br>2004<br>2008 | Jalava ym. 2006<br>Kangas ym. 2008<br>Vasala ym. 2014 |
| Raakamaito       | O:1        | Suomi      | 2014                 | Pärn ym. 2015   |
| Sianliha         | O:4b       | Japani     | 1984–1985            | Fukushima 1985  |
| Sian teurasruhot | O:3        | Suomi      | 2003–2005            | Laukkanen ym. 2008                                    |
|                  | O:3        | Liettua    | 2009–2010            | Novoslavskij ym. 2013                                 |

### 2.6.1 Kasvikset pellolla ja pöydässä

Kasvien ja tuoretuotteiden on usein epäilty toimivan *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytys-epidemioiden välittäjäelintarvikkeena (Tertti ym. 1984, Jalava ym. 2004), mutta vasta Nuortin ym. (2004) epidemiaselvityksessä ja jäljitettävyytutkimuksessa saatiin ensimmäistä kertaa yhdistettyä *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytys-epidemia tiettyyn elintarvikkeeseen, jäävuorisalaattiin. Mikrobiologisesti jäävuorisalaattia ei saatu epidemiaan yhdistettyä, mutta myöhemmin tilalta otetuista ympäristönäytteistä *Y. pseudotuberculosisista* saatiin eristettyä jäävuorisalaatista ( $n = 2$ ) (Niskanen ym. 2003). Jäävuorisalaatin epäiltiin olevan välittäjänä *Y. pseudotuberculosis* -epidemiassa myös vuonna 2001 tapaus-kontrollitutkimuksen perusteella (Jalava ym. 2004).

Porkkanat ovat toimineet välittäjäelintarvikkeena useita kertoja *Y. pseudotuberculosis* -epidemoissa Suomessa (Jalava ym. 2006, Kangas ym. 2008, Rimhanen-Finne ym. 2009, Vasala ym. 2014). Vuonna 2003 raakojen porkkanoiden syömiseen liitetyn *Y. pseudotuberculosis* -epidemian yhteydessä tutkittiin porkkanoiden kuorimajätteestä, pesu- ja kuorimavälineistä sekä pinnoilta otettuja näytteitä. Epidemiaan yhdistettyä serotyyppiä (O:1) saatiin ensimmäistä kertaa eristettyä ympäristönäytteistä. *Y. pseudotuberculosisista* eristettiin 42 %:sta kuorimajätettä sisältäneistä näytteistä ( $n = 12$ ) (Jalava ym. 2006).

Porkkanoihin vuonna 2004 liitetyn *Y. pseudotuberculosis* -epidemian yhteydessä saatiin sairastumisiin yhdistetystä porkkanaraasteesta suoraan eristettyä samaa serotyyppiä, kuin potilasnäytteistä. Porkkanaraasteen lisäksi *Y. pseudotuberculosisista* eristettiin porkkanoiden kuorimalinjastosta ja pilaantuneista porkkanoista ja niistä valuneesta nesteestä (Kangas ym. 2008). Myös Vasala ym. (2014) ovat saaneet eristettyä bakteeria suoraan sairastumisiin yhdistetystä porkkanaraasteesta sekä porkkanoiden tuotanto- ja varastointiympäristöstä, kuten porkkanavaraston lattialta, varastolaatikon muovisuojasta ja porkkanoiden kuljetushihnalta.

Rimhanen-Finne ym. (2009) tutkivat vuonna 2006 ilmennyttä raakojen porkkanoiden syöntiin liitettyä ruokamyrkytys-epidemiaa. Tutkimuksessa ei saatu *Y. pseudotuberculosisista* eristettyä ruokanäytteistä tai tuotantotilalta, mutta jakelijan varastotiloista ja porkkanantähteistä

saatiin eristettyä epidemiaan yhdistettyä sero- ja genotyyppiä (Rimhanen-Finne ym. 2009). Määttä ym. (2013) tutkivat tuoreiden porkkanoiden mikrobiologista laatua ja porkkanoiden käsittelyvesiä. Tutkimuksessa *Y. pseudotuberculosis* ei havaittu yhdestäkään porkkananäytteestä ( $n = 32$ ) (Määttä ym. 2013).

Venäjällä vuosina 2000—2010 *Y. pseudotuberculosis* aiheuttamista epidemioista suurin osa (75 %) yhdistettiin jonkinlaisten tuoretuotteiden, kuten kaalia tai sipulia sisältävien salaattisekoitusten syömiseen (Tseneva ym. 2012).

## 2.6.2. Sianliha vähittäismyyntissä ja sikojen ruhot teurastamolla

Sianliha on *Y. enterocolitica* yleisin välittäjäelintarvike, mutta Fukushima (1985) tutkimuksessa *Y. enterocolitica* lisäksi myös *Y. pseudotuberculosis* eristettiin suoraan yhdestä vähittäismyyntitason porsaanlihanäytteestä. Tämä voisi viitata siihen, että porsaanliha voi olla myös *Y. pseudotuberculosis* mahdollinen välittäjäelintarvike ja bakteerin on mahdollista päästä kulkeutumaan koko lihantuotantoketjun läpi aina teurastamolta kuluttajalle asti. Tätä ajatusta tukee Laukkasen ym. (2008) myöhempi tutkimus, jossa seurattiin *Y. pseudotuberculosis* kulkeutumista sianlihan tuotantoketjussa. Samoista sioista otettiin näytteitä sekä tiloilla että teurastamolla teurastuksen jälkeen. Tutkimuksessa todettiin, että teurastamon *Y. pseudotuberculosis*-positiiviset ruhot olivat positiivisia jo tuotantotilalla. Tutkimuksessa todettiin myös, että ristikontaminaation mahdollisuus teurastamolla täytyy ottaa huomioon, koska kahden sian sisäelinpaketista otetussa näytteessä todettiin *Y. pseudotuberculosis*-bakteeria, vaikka kyseiset eläimet olivat tuotantotilalla otetuissa näytteissä negatiivisia.

Luomusikojen ruhoista ( $n = 119$ ) teurastamoilla otetuista näytteistä 8 % ( $n = 10$ ) oli *Y. pseudotuberculosis*-positiivisia. *Y. pseudotuberculosis* ei saatu eristettyä tavallisesti tuotettujen sikojen ruhoista ( $n = 231$ ) ollenkaan. Elinpakeeteissa *Y. pseudotuberculosis* esiintyvyydet olivat 4 % ( $n = 5$ ) luomutuotannossa ja 0,4 % ( $n = 1$ ) tavanomaisessa tuotannossa (Laukkanen ym. 2008). Novoslavskij ym. (2013) tutkivat *Y. pseudotuberculosis* esiintyvyyttä sikojen teurasruhoissa Liettuassa ja saivat prevalenssiksi 4 % (2/55).

Laukkanen ym. (2010) ovat tutkineet peräsuolen pussittamisen vaikutusta enteropatoogien esiintymiseen sioilla, niiden ruhoissa ja teurastamoympäristössä. Pussittaminen vähensi selvästi *Y. enterocolitica* esiintymistä ruhoissa, mutta *Y. pseudotuberculosis* esiintymiseen se ei vaikuttanut. Tutkimuksessa todettiin, että teurastamoympäristö voi toimia kontaminaationlähteenä, mutta pääasiallinen kontaminaatiolähde on kuitenkin bakteeria kantava sika.

### 2.6.3 Maito tilalla ja pakkauksessa

Maito on toiminut välittäjäelintarvikkeena *Y. pseudotuberculosis* aiheuttamassa ruokamyrkytys-epidemiassa sekä Kanadassa että Suomessa. Molemmissa epidemioissa bakteeri saatiin eristettyä maidosta (Nowgesic ym. 1999, Pärn ym. 2014). Kanadassa *Y. pseudotuberculosis* epidemian yhteydessä vuonna 1998 Nowgesic ym. (1999) eristivät sairastuneen henkilön jääkaapissa olleesta avatusta maitopurkista *Y. pseudotuberculosisista*, mutta maidon ristikontaminaatiota keittiövälineistä ei voitu poissulkea. Maito oli pastöroitua eikä maitotilalta löytynyt viitteitä epidemian lähteeksi (Nowgesic ym. 1999).

Suomessa havaittiin vuonna 2014 *Y. pseudotuberculosis* -epidemia, jossa raakamaidon epäiltiin olevan välittäjäelintarvikkeena. Pärn ym. (2015) tutkivat epidemiaselvityksessään mikrobiologisia näytteitä, jotka varmistivat raakamaidon olleen epidemian välittäjäelintarvike. Identtinen *Y. pseudotuberculosis* serotyyppi ja genotyyppi löydettiin potilasnäytteistä, raakamaitoa tuottaneen tilan maitosuodattimesta sekä yhden sairastuneen jääkaapissa olleesta raakamaidosta.

### 2.6.4 Vesi lähteessä ja lätäkössä

Han ym. (2003) saivat tutkimuksessaan eristettyä *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria sairastuneesta potilaasta ja hänen juomastaan käsittelemättömästä lähdevedestä. Japanissa on aiemmin eristetty *Y. pseudotuberculosisista* purosta, josta kolmevuotias poika oli juonut vettä ja sairastunut (Fukushima ym. 1988). Sato ja Komazawa (1991) ovat myös kuvanneet



tapauksen, jossa käsittelemätön juomavesi on ollut välittäjänä *Y. pseudotuberculosis* -infektiossa. Aldova ym. (1979) ovat saaneet eristettyä käsittelemättömästä ja klooraamattomasta kaivovedestä *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria pienestä näytemäärästä (1 ml).

## 2.7 *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteerin aiheuttamat ruokamyrkytysepidemiat

*Y. pseudotuberculosis*in aiheuttamia ruokamyrkytysepidemioita on tavattu enimmäkseen pohjoisella pallonpuoliskolla, kuten Japanissa, Kanadassa, Venäjällä ja Suomessa (taulukko 4, Tseneva ym. 2012). *Y. pseudotuberculosis* -bakteeri on aiheuttanut useita laajoja ruokamyrkytysepidemioita Suomessa 1998–2014 (Jalava ym. 2006, Kangas ym. 2008, Rimhanen-Finne ym. 2009, Pärn ym. 2015). *Y. pseudotuberculosis*in aiheuttamat ruokamyrkytysepidemiat on useimmiten yhdistetty kouluruokailuun (Inoue ym. 1984, Nuorti ym. 2004, Jalava ym. 2004, Jalava ym. 2006).

**Taulukko 4.** *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteerin aiheuttamia ruokamyrkytysepidemioita Suomessa, Japanissa, Kanadassa ja Uudessa-Seelannissa.

| Maa           | Vuosi | Sairastuneet (N) | Välittäjäelintarvike    | Serotyyppi | Viite                   |
|---------------|-------|------------------|-------------------------|------------|-------------------------|
| Japani        | 1981  | 541              | Vihannesmehu            | O:5a       | Inoue ym. 1984          |
| Japani        | 1984  | 39               | Liha/riisi/kasvikset?   | ET         | Nakano ym. 1989         |
| Kanada        | 1998  | 74               | Pastöroitu maito        | ET         | Nowgesic ym. 1999       |
| Suomi         | 1998  | 47               | Jäävuorisalaatti        | O:3        | Nuorti ym. 2004         |
| Suomi         | 2001  | 125              | Jäävuorisalaatti        | O:1, O:3   | Jalava ym. 2004         |
| Suomi         | 2003  | 558              | Porkkana                | O:1        | Jalava ym. 2006         |
| Suomi         | 2004  | ET               | Porkkana                | O:1b       | Kangas ym. 2008         |
| Suomi         | 2006  | >400             | Porkkana                | O:1b       | Rimhanen-Finne ym. 2009 |
| Suomi         | 2008  | ET               | Porkkana                | O:1        | Vasala ym. 2014         |
| Suomi         | 2014  | ET               | Raakamaito              | O:1        | Pärn ym. 2015           |
| Uusi-Seelanti | 2014  | 220              | Porkkanat/lehtisalaatti | O:1        | Williamson ym. 2017     |

ET; ei tietoa

### 2.7.1 *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytysepidemiat Suomessa

Loka–marraskuussa 1998 todettiin 47 *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin aiheuttamaa infektiota, joiden vallitsevina oireina olivat kuume ja vatsakipu. Epidemian lähteen selvittämiseksi tehtiin väestöpohjainen potilas-verrokki-tutkimus, johon osallistui 38 henkilöä sairastuneiden ( $n = 47$ ) joukosta. Verrokeiksi valittiin 76 tervettä henkilöä. Tutkimuksessa saatiin selville, että jäävuorisalaatti oli toiminut ruokamyrkytyksen välittäjänä: sitä oli syönyt 71 % sairastuneista. Välittäjäelintarviketta ei kuitenkaan saatu suoraan mikrobiologisesti varmistettua, mutta myöhemmässä tutkimuksessa tuotantotiloilta otetuissa jäävuorisalaattinäytteissä *Y. pseudotuberculosisista* saatiin eristettyä (Niskanen ym. 2003). Nuortin ym. (2004) tutkimuksen perusteella jäävuorisalaatti oli kontaminoitunut todennäköisimmin hirvieläinten ulosteen saastuttaman kasteluveden välityksellä tai suorassa kontaktissa eläinten ulosteisiin. Tutkimuksessa havaittiin myös yhteys sairastumisen ja syödyn jäävuorisalaattimäärän välillä: suuremman määrän salaattia syöneillä oli suurempi riski sairastua (Nuorti ym. 2004).

Touko–heinäkuussa 2001 raportoitiin 125 *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin aiheuttamaa infektiota. Suurin osa infektioista oli serotyyppiä O:1 (62 %) ja loput serotyyppiä O:3 (38 %). Oireina sairastuneilla oli vatsakramppeja, kuumetta ja nivel -tai selkäkipua. Ripulia esiintyi noin puolella sairastuneista. Yhdistäviksi tekijöiksi infektion saaneilla henkilöillä nousivat jäävuorisalaatin syöminen sekä ruokailu kodin ulkopuolella. Välittäjäelintarviketta ei kuitenkaan saatu varmistettua bakteriologisesti. Tutkimuksessa korostui hygieenisten toimintatapojen merkitys tuoretuotteiden käsittelyssä suurtalouskeittiöissä, joissa tietyt toimintatavat saattavat edesauttaa bakteerin runsastumista kotikeittiöiden toimintatapoihin verrattuna (Jalava ym. 2004).

Kotkassa vuonna 2003 *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin aiheuttamaan infektiin sairastui 558 henkilöä. Oireina suurimmalla osalla sairastuneista oli kuume ja vatsakipu. Useille sairastuneille kehittyi jälkitautina kyhmyruusu. Tartunnan välittäjäksi todettiin raa'at raastetut porkkanat. Jalava ym. (2006) saivat tiettävästi ensimmäistä kertaa eristettyä epidemiaan yhdistettyä *Y. pseudotuberculosisin* serotyyppiä myös ympäristönäytteistä. Tarkkaa kontaminaatiomekanismia ei saatu selville, mutta jyrksijöillä oli varastointipaikkaan

avoin pääsy. Lisäksi porkkanoiden pesun ja kuorinnan aikana on voinut tapahtua ristikontaminaatiota keittiövälineiden välityksellä. Tutkimuksessa todettiin myös, että tartunnan riskiä ovat voineet lisätä kuorittujen porkkanoiden kylmäsäilytys sekä se, ettei niitä enää pesty ennen raastamista (Jalava ym. 2006).

Vuonna 2004 Pohjois-Suomessa useita kouluikäisiä lapsia sairastui suolistotulehdukseen, joka ulostenäytteiden perusteella varmistettiin *Y. pseudotuberculosis* aiheuttamaksi. Kangas ym. (2008) suorittivat epidemiologisen tutkimuksen, jonka perusteella he saivat selville, että porkkana-valkokaalisalaatti toimi todennäköisimmin tartunnan välittäjäelintarvikkeena. Suurempi sairastumisriski saatiin yhdistettyä raakojen porkkanoiden syöntiin suorittamalla tapaus-kontrollitutkimus muualla Suomessa samaan aikaan *Y. pseudotuberculosis* -infektiota sairastaneille henkilöille. Porkkanat tulivat koulukeittiöön yhdestä tuoretuotteita käsittelevästä elintarvikelaitoksesta, josta otettiin näytteitä porkkanoiden kuorintalinjastosta, porkkanoiden kuorimajäänteistä, kuorituista porkkanoista ja muiden kasvien käsittelylinjoista. *Y. pseudotuberculosis* saatiin eristettyä yhdestä porkkanankuorintalinjastosta. Näytteitä otettiin myös tiloilta, joilta porkkanat olivat peräisin ja bakteeria saatiin eristettyä pilaantuneista porkkanoista ja niistä valuneesta pilaantumisnesteestä sekä päästäisten suolistosta kerätystä yhteisnäytteestä. Potilas- ja ympäristönäytteistä eristetyt isolaatit olivat kaikki samaa serotyyppiä O:1b (Kangas ym. 2008).

Syksyllä 2006 yli 400 lasta sairastui 23 koulussa ja viidessä päiväkodissa kahdessa kunnassa Etelä-Suomessa. Retrospektiivisessä kohorttitutkimuksessa raastettujen porkkanoiden syöminen oli vahvasti yhteydessä sairastumiseen. Potilasnäytteistä ja ympäristönäytteistä löytyi samaa *Y. pseudotuberculosis* -serotyyppiä O:1 alatyyppejä O:1b. Kaikki eristetyt bakteerit sisälsivät virulenssiplasmidin. Tarkkaa tartunnanlähdetä ei kuitenkaan pystytty identifioimaan (Rimhanen-Finne ym. 2009).

Kainuussa kesäkuussa 2008 todettiin useita *Y. pseudotuberculosis* -tautitapauksia. Välittäjäelintarvikkeeksi todettiin tapaus-kontrollitutkimuksen perusteella raastetut porkkanat, joista saatiin otettua näyte. Näytteessä todettiin *Y. pseudotuberculosis* serotyyppiä O:1. Samaa serotyyppiä löytyi myös potilaiden ulostenäytteistä sekä myöhemmin myös

porkkanavaraston lattialta, varastolaatikon muovisuojuksesta ja porkkanoita käsittelevän laitoksen liukuhihnalta (Vasala ym. 2014).

Keväällä 2014 kunnalliset viranomaiset havaitsivat useita *Y. pseudotuberculosis* O:1 serotyypin aiheuttamia infektoita. Suoritettiin tapaus-kontrollitutkimus, joka osoitti raakamaidon olevan yhdistävä tekijä sairastumisten välillä. Jäljitettävyystudkimus johti yhdelle tilalle, josta raakamaito oli peräisin. Potilaista, raakamaidosta ja tuotantopaikalta otetuista näytteistä löydettiin samaa *Y. pseudotuberculosis* -genotyyppiä, jotka vahvistivat olettamuksen. Raakamaito oli kontaminoitunut useilla eri organismeilla ja todennäköisin kontaminaation lähde on ollut lehmien uloste, joka on päässyt kontaminoimaan maidon lypsyt yhteydessä. Osasta lehmien ulostenäytteistä pystyttiin eristämään samaa serotyyppiä kuin potilasnäytteistä, mutta niitä ei saatu genotyyppitettyä PFGE -tai MLVA-menetelmillä. Raakamaidon tuottaja oli toiminut vaatimusten mukaisesti (Pärn ym. 2015).

### 2.7.2 *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytysepidemiat Japanissa

Kurashikissä Japanissa todettiin vuonna 1981 ruokamyrkytysepidemia, johon sairastui 541 henkilöä. Suurin osa ( $n = 535$ ) sairastuneista oli 6–12 vuotiaita alakoulun oppilaita. Sairastuneiden oireet vaihtelivat lievistä vakaviin. Lievissä tapauksissa tauti alkoi kuumeella, pahoinvoinnilla, oksentelulla, vatsakivulla, flunssan kaltaisilla oireilla ja 1–3 päivää kestäväällä ihottumalla. Nämä potilaat parantuivat 4–5 päivässä. Vakavissa tapauksissa sairastuneet tulivat oireettomiksi muutama päivä sairastumisen jälkeen, mutta vakavat oireet ilmaantuivat vasta useiden oireettomien päivien jälkeen. Vakavina oireina tavattiin erittäin korkeaa kuumetta, joka oli kestoltaan 3–7 päivää. Kuumeen kanssa samaan aikaan tai muutama päivä oireiden alkaessa uudelleen ilmaantui kutisevaa ihottumaa poskiin, keskikehoon ja raajoihin, sekä limakalvoille. Lisäksi osalla potilaista todettiin munuaistulehdus, kitarisatulehdus ja yskä, alueellinen imusolmukkeiden turpoaminen ja maksan suurentuminen. Kolmella potilaalla todettiin akuutti umpilisäkkeen tulehdus ja heiltä poistettiin umpilisäkkeet kirurgisesti. Aiheuttajaksi epäiltiin vihannesmehua, joka oli ainut erottava tekijä kyseisen koulun, jossa epidemia havaittiin, ja muiden kaupungin koulujen välillä (Inoue ym. 1984).

Kesällä 1984 Japanissa yhdessä japanilaisessa grilliravintolassa ilmeni kaksi *Y. pseudotuberculosis* -taudinpurkausta. Ravintolassa lihatuotteita, kasviksia ja riisiä syöneistä henkilöistä ( $n = 58$ ) 67 % ( $n = 39$ ) kehitti oireita. *Y. pseudotuberculosis* pystyttiin diagnosoimaan joko ulostenäytteistä tai serologisilla tekniikoilla 49 %:lla oireilevista ( $n = 19$ ). Kannat olivat serotyyppiä O:5a. Kaikilla sairastuneilla oli kuumetta. Lisäksi oireina havaittiin rokkoihottumaa (68 %) ja vatsakipua (68 %). Neljä lasta sai akuutin munuaisten vajaatoiminnan noin 10 päivää oireiden alkamisesta. Epidemian lähdettä tai leviämistapaa ei kuitenkaan saatu selville (Nakano ym. 1989).

### 2.7.3 *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytysepidemiat Kanadassa

Marraskuussa 1998 Kanadan British Columbiassa todettiin neljä laboratoriossa varmistettua *Y. pseudotuberculosis* -tautitapausta. Joulukuussa suoritettiin tapaus-verrokkitutkimus, jonka perusteella maito oli todennäköisin välittäjäelintarvike. Jäljitettävyystudkimuksen perusteella pastöroitu maito todettiin välittäjäelintarvikkeeksi. Tilalla, jolta maito oli peräisin, ei kuitenkaan havaittu puutteita eikä viitteitä siitä, että tila olisi epidemian aiheuttaja. Myöskään toiselta maitotilalta ei löydetty viitteitä epidemian aiheuttajaksi, vaikka sen tuottamasta avatusta maitopakkauksesta eristettiin *Y. pseudotuberculosisista*. Ristikontaminaation mahdollisuutta kotikeittiössä ei voitu poissulkea. Maito toimi siis välittäjäelintarvikkeena, mutta varsinainen kontaminaatiolähde jäi kuitenkin epäselväksi (Nowgesic ym. 1999).

### 2.7.4 *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytysepidemiat Uudessa-Seelannissa

Vuonna 2014 Uudessa-Seelannissa todettiin 220 tautitapausta ympäri maata kaikissa suurimmissa kaupungeissa. Tapaus-kontrollitutkimuksen perusteella infektion lähteenä oli todennäköisimmin tuoreet porkkanat ja lehtisalaatti. Tutkimuksessa saatiin vahvaa näyttöä sille, että kyseessä oli yksi pistemäinen kontaminaation lähde elintarvikeketjussa, mutta kontaminaation lähde jäi epäselväksi (Williamson ym. 2017).

### 2.7.5 *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytys-epidemiat Venäjällä

Tseneva ym. (2012) tutkivat *Y. pseudotuberculosis* Venäjällä 2000–2010. Tutkimusjakson aikana todettiin 27 taudinpurkausta päiväkodeissa, kouluissa ja kesäleireillä. Sairastuneiden määrä vaihteli 30–212 taudinpurkausta kohti ja suurimmassa osassa (75 %) välittäjäelintarvikkeeksi todettiin erilaiset salaattisekoitukset, jotka sisälsivät esimerkiksi kaalia tai sipulia.

## 2.8 Tartuntojen ehkäisy

Aiempien tutkimusten ja epidemiaselvitysten perusteella Ruokavirasto (2019) on listannut ohjeita, joiden avulla *Y. pseudotuberculosis* -tautitapauksia voidaan ehkäistä. Jalava ym. (2006) ehdottavat epidemiaselvityksensä perusteella, että villieläinten pääsy kasvisten viljely- ja varastointipaikkoihin tulisi estää. Tämä on kirjattu myös Ruokaviraston (2019) ohjeisiin tuorekasvisten tuottajille ja se on perusteltua epäiltyjen villieläinreservuaarien takia. Lisäksi kasvisten kasteluveden tulee olla puhdasta (Ruokavirasto 2019). Rimhanen-Finne ym. (2009) ehdottavat tutkimuksessaan poistamaan huonolaatuiset porkkanat ennen pesua, käsittelyä ja käyttöä, ja siksi tuottajia ohjeistetaan tarkkailemaan porkkanoiden pilaantumista varastoinnin aikana (Ruokavirasto 2019). Ruokavirasto (2019) myös suosittelee vapaaehtoisia mikrobiologisia tutkimuksia tiloille, jotka käyttävät pitkään kylmässä varastoituja porkkanoita. Jalava ym. (2006) kehottaa kiinnittämään erityistä huomiota toimintatapoihin varastoinnin ja käsittelyn aikana kontaminaatioriskien pienentämiseksi. Etenkin tuotantolaitoksen välineiden ja tuotantolinjojen pesu tulisi tehdä huolellisesti ja puuttua niissä ilmeneviin epäkohtiin (Jalava ym. 2006).

Jäävuorisalaatti ja porkkanat ovat Suomen epidemioissa olleet välittäjäelintarvikkeina useasti (Nuorti ym. 2004, Jalava ym. 2006, Kangas ym. 2008, Rimhanen-Finne ym. 2009). Käytettäessä niitä tai muita vihanneksia elintarvikkeena, Ruokavirasto (2019) ohjeistaa pesemään ne huolellisesti ja estämään ristikontaminaatio keittiössä pintojen ja keittiövälineiden välityksellä. Rimhanen-Finnen ym. (2009) epidemiaselvityksessä saatujen tietojen pohjalta tiedotusta *Y. pseudotuberculosis* aiheuttamasta riskistä porkkanoissa lisättiin ja annettiin

ohjeistusta parempiin hygieniakäytäntöihin ja raakojen porkkanoiden käsittelyyn liittyen. Jos porkkanoita on tarkoitus syödä ilman kypsentämistä sellaisenaan, raastettuna tai salaateissa, ne tulisi pestä ja kuoria ennen käyttöä. Myös valmiiksi kuorittuina ja pestyinä ostetut porkkanat tulisi pestä uudelleen ennen käyttöä (Ruokavirasto 2019).

Kasvisten tuotantoon ja käyttöön liittyvien ohjeiden lisäksi Ruokavirasto (2019) suosittelee *Y. pseudotuberculosis* -tartuntojen ehkäisemiseksi välttämään pastöroimattoman maidon käyttöä, sillä raakamaito on toiminut bakteerin välittäjäelintarvikkeena ja pastörinti tuhoaa *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin. Ruokaviraston (2019) ohjeiden lisäksi EU- tason säädöksiä tuoretuotteiden tuotantoon, varastointiin ja kuljetukseen kaivattaisiin (Jalava ym. 2006).

### 3 POHDINTA

*Y. pseudotuberculosis* kykenee lisääntymään ja menestymään jääkaappilämpötiloissa ja hapettomissa oloissa sekä sietää korkeita suolapitoisuuksia ja matalia pH -arvoja (Bottone ym. 2005, Fredriksson-Ahomaa ym. 2010, Abdela ym. 2011, Keto-Timonen ym. 2018). Tämä asettaa haasteita sen torjunnalle elintarvikeketjussa, koska useimmat nykyisistä elintarvikkeiden säilöntämenetelmistä perustuvat kylmäketjuun ja suojakaasupakkaamiseen. Kuumennus tuhoaa bakteerin, mutta *Y. pseudotuberculosis* on tarttunut usein juuri kuumentamattomana syötävien elintarvikkeiden, kuten tuorekasvisten ja raakamaidon välityksellä (Nuorti ym. 2004, Jalava ym. 2006, Pärn ym. 2015).

*Y. pseudotuberculosis* esiintyvyyttä sen pääasialliseksi reservuaariksi ajatelluissa jyrksijöissä on tutkittu jonkin verran, mutta useissa tutkimuksissa on saatu eristettyä *Y. pseudotuberculosis* vain yksittäisistä eläimistä ja prevalenssit tutkimuksissa ovat olleet alhaisia (Fukushima ym. 1990, Kangas ym. 2008, Joutsen ym. 2017). Useiden *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytys-epidemioiden yhteydessä tehdyissä tutkimuksissa on kuitenkin saatu vahvoja viitteitä välittäjäelintarvikkeina toimineiden kasvisten jyrksijäperäisille saastumisille (Niskanen ym. 2003, Nuorti ym. 2004, Kangas ym. 2008, Rimhanen-Finne ym. 2009). Toisaalta taas Ranskassa on huomattu yhteys *Y. pseudotuberculosis* -infektioiden määrän ja jyrksijäpopulaatioiden vaihtelun kanssa (Vincent ym. 2008). Jyrksijä- ja ympäristökontakteja on epäilty myös selitykseksi *Y. pseudotuberculosis* tavanomaista tuotantotapaa korkeampaan esiintyvyyteen luomusioilla (Laukkanen ym. 2008).

Suomessa jyrksijöissä tutkitut prevalenssit olivat alhaisia ja kaikista tutkituista lajeista *Y. pseudotuberculosis* ei saatu eristettyä lainkaan, vaikka näytteitä kerättiin useiden vuosien ajan ja tutkittujen eläinten määrät olivat kattavia ja niitä oli pyydystetty tutkittavaksi eri puolilta Suomea (Joutsen ym. 2017). *Y. pseudotuberculosis* eristäminen on kuitenkin vaikeaa terveiltä yksilöiltä, koska kilpailevia mikrobeita on paljon. Myös erot *Y. pseudotuberculosis* paikallisessa esiintyvyydessä ovat mahdollisia.

Jyrksijät ovat myös *Y. pseudotuberculosis* läheisen sukulaisen, ruttobakteeri *Y. pestis* lähin sukulainen, pääasiallinen reservuaari (Benedictow 2004) ja tätä sukulaisuutta ja bakteerien esiintyvyyttä



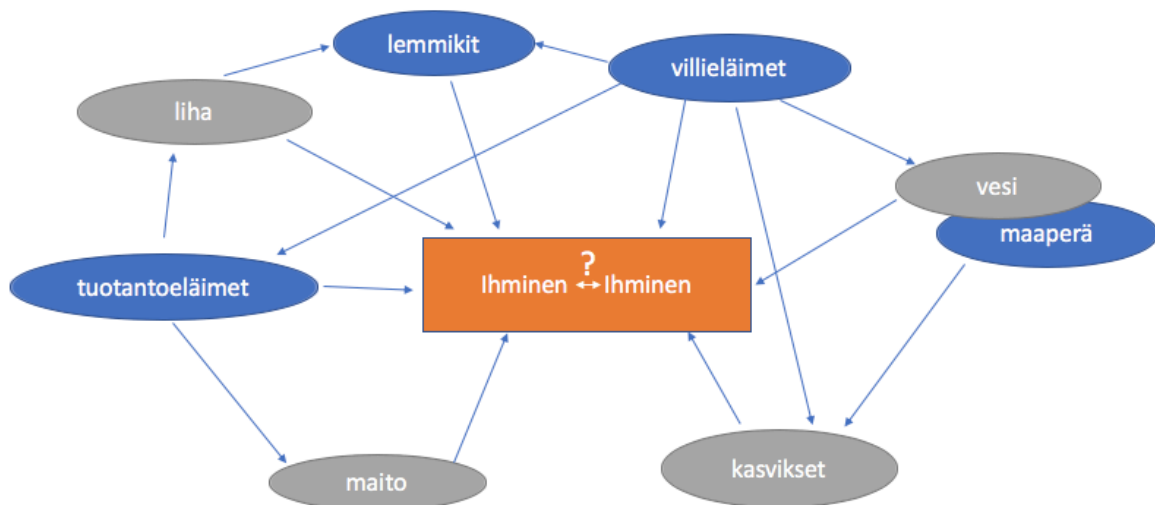
olisikin syytä tutkia lisää. Uusien ja arvaamattomien reservuaarien olemassaolo on myös pidettävä mielessä. Virulentteja kantoja on saatu eristettyä muuttolinnuista eikä niitä voi jättää huomiotta *Y. pseudotuberculosis* epidemiologiassa (Niskanen ym. 2003a). Tutkimusta linnuista *Y. pseudotuberculosis* reservuaarina tarvitaan lisää. Tutkittua tietoa esimerkiksi hirvieläinten ja lemmikkieläinten *Y. pseudotuberculosis* -prevalensseista ei ole. Myös bakteerin esiintyvyyttä märehitijöissä ja *Y. pseudotuberculosis* esiintyvyyttä maitotiloilla lehmien ulosteissa kannattaisi tutkia lisää etenkin raakamaitoa myyntiin tuottavilla tiloilla.

*Y. pseudotuberculosis* kiertokulku luonnossa on edelleen tuntematonta. Jyrsijöistä ja villeistä piennisäkkäistä hiiren ja päästäisen on todettu erittävän *Y. pseudotuberculosis* ulosteisiinsa (Fahlgren ym. 2014, Joutsen ym. 2017) ja stressitilanteissa myös hirvieläinten ulosteista on saatu eristettyä patogeenisiä yersinioita (Sanford 1995), joten villieläinten saastuttamat elintarvikkeet ovat riski elintarvikeeturvallisuudelle ja on perusteltua ohjeistaa tuottajia estämään villieläinten pääsy esimerkiksi kasvisten kasvatusalueille. Päästäisten ravintona toimivat madot voisivat mahdollisesti osallistua bakteerin kiertokulkuun maaperässä (Joutsen ym. 2017), mutta tutkimusta tästä kiertokulusta ja sen vaikutuksesta *Y. pseudotuberculosis* esiintyvyyteen ja säilymiseen maaperässä tarvitaan lisää. Bakteerin säilymisellä kylmillä ja kosteilla laitumilla talvisaikaan on ehdotettu olevan merkitystä laiduntavien eläinten tautitapauksiin (Quinn ym. 2011).

On saatu viitteitä siihen, että *Y. pseudotuberculosis* pystyy säilymään pitkiä aikoja maaperässä, mutta sen ominaisuuksien ja geenien ilmentymisen sekä virulenssin muutoksista ei tiedetä vielä tarpeeksi. *Y. pseudotuberculosis* on herkkä klooraukselle ja UV-säteilylle, joten tartunnan riski käsitellyn talousveden välityksellä on vähäinen. Kaivovesistä bakteeria on kuitenkin saatu eristettyä ja sen uskotaan pystyvän säilymään pitkään luonnonvesissä. *Y. pseudotuberculosis* -infektioita on kuvattu käsittelemättömän veden välityksellä ja kasteluvedet voivat toimia kasvisten saastutuksen lähteenä (Han ym. 2003, Nuorti ym. 2004).

*Y. pseudotuberculosis* kulkeutumisreittejä kasviksiin ja muihin elintarvikkeisiin ei juuri tunneta. Lisää tutkimusta kaivattaisiinkin sen kyvystä tunkeutua kasvisten sisään (internalisaatio) ja päästä sitä kautta suojaan mahdollisilta torjuntatoimilta, kuten kasvisten

pesemiseltä. *Y. pseudotuberculosis* kasvaa ja säilymistä on tutkittu porkkanoissa, appelsiinituoremehussa, maidossa ja jauheliassa (Abdela ym. 2011, Bhaduri ja Phillips 2011, Yehualashet ym. 2013, Pärn ym. 2015, Koskinen ym. 2018), mutta lisää tutkimuksia kaivattaisiin etenkin sen kasvusta ja säilymisestä kasviksissa, joiden välityksellä se on usein tarttunut. Myös *Y. pseudotuberculosis* säilymisestä erilaisilla pinnoilla ja tuotantovälineissä kaivataan lisää tietoa, sillä Kanadassa ruokamyrkytyspidemian välittäjäelintarvikkeena toiminut maito oli pastöroitua eli se oli todennäköisesti kontaminoitunut bakteerilla pastöroinnin jälkeen joko elintarvikelaitoksessa tai kotikeittiössä. Kuvassa 3 on kuvattu *Y. pseudotuberculosis* mahdollisia reservuaareja ja tartuntareittejä eläimissä, luonnossa, elintarvikkeissa ja tuotantoympäristössä.



**Kuva 3.** *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteerin välittäjäelintarvikkeet (harmaa pohja) sekä mahdolliset reservuaarit (sininen pohja) ja leviämisreitit (nuolet) luonnossa, eläimissä ja tuotantoympäristöissä.

*Y. pseudotuberculosis* -infektion vallitsevat oireet ovat yleensä kuume ja vatsakipu (Wren 2003). Koska ripuli ei aina kuulu infektion oireisiin, yersinioita ei välttämättä osata epäillä taudinaiheuttajaksi eikä niitä tutkita suolistotulehdistusta sairastavien potilaiden näytteistä rutiininomaisesti (Nesbakken ym. 1991, EFSA ja ECDC 2018). Tämä saattaa johtaa *Y. pseudotuberculosis* -infektioiden alidiagnosointiin. Kaikissa EU-maissa *Y. pseudotuberculosis* ei erikseen ilmoiteta tai yersinioiden aiheuttamia tautitapauksia ei seurata järjestelmällisesti tai ollenkaan (EFSA ja ECDC 2018).

Tautia aiheuttavien yersinioiden eristämiseen liittyy useita haasteita ja esimerkiksi sen eristämisessä vaadittava pitkä viljelyaika voi aiheuttaa liian alhaista havaitsemistasoa. Toisaalta taas yersinioiden tyypittämättä jättäminen saattaa aiheuttaa patogeenisten yersinioiden todellista tasoa korkeampaa esiintyvyyttä (Pitkälä ym. 2009). Olisikin tärkeää saada kehitettyä luotettava, tarkka ja nopea menetelmä *Y. pseudotuberculosis*in havaitsemiseen potilas-, ympäristö- ja elintarvikenäytteistä, jotta bakteerin esiintyvyydestä saataisiin vertailukelpoista ja luotettavaa tietoa.

Suomessa Ruokavirasto (2019) on antanut ohjeita ja suosituksia kasvisten ja etenkin porkkanoiden tuottajille ja käsittelijöille, jotta mahdolliset porkkanoiden välityksellä leviävät *Y. pseudotuberculosis* -taudinpurkaukset saadaan vähenemään. Viimeisin raakojen porkkanoiden välityksellä Suomessa levinnyt *Y. pseudotuberculosis* -ruokamyrkytys-epidemia on tullut esiin vuonna 2008. Sen jälkeen *Y. pseudotuberculosis* on aiheuttanut yksittäisiä tautitapauksia ja yhden ruokamyrkytys-epidemian Suomessa raakamaidon välityksellä, mutta kasvisten välityksellä levinneitä *Y. pseudotuberculosis* -epidemioita ei ole kuvattu. Vaikuttaisi siis siltä, että ohjeistus ja tiedotus on ollut toimivaa ja porkkanoiden aiheuttama riski ruokamyrkytysten aiheuttajana on otettu paremmin huomioon. Raakamaidon kulutukseen liittyy *Y. pseudotuberculosis*in lisäksi muitakin riskejä, joiden pienentämiseksi on jo olemassa lainsäädäntöä esimerkiksi pakkausmerkintöjen osalta.

*Y. pseudotuberculosis*in aiheuttamat riskit elintarviketurvallisuudelle on pidettävä mielessä edelleen tulevaisuudessa, kun kasvisruokailu kasvattaa suosiotaan. Myös muut luonnonmukaista ruokailua korostavat trendit voivat lisätä riskiä *Y. pseudotuberculosis*in aiheuttamien ruokamyrkytysten esiintyvyydelle. Osa ihmisistä esimerkiksi hakee

juomavetensä lähteistä ja tämä voi olla riski etenkin *Y. pseudotuberculosis*sen riskiryhmässä oleville henkilöille, kuten lapsille, vanhuksille ja immuunipuutteisille, sillä *Y. pseudotuberculosis* on todettu aiheuttaneen tautitapauksia käsittelemättömän juomaveden välityksellä ja sitä on Japanissa saatu eristettyä luonnonlähteestä (Fukushima ym. 1988). *Y. enterocolitica*n on todettu siirtyvän raakaa sianlihaa syöneistä lemmikeistä ihmisiin (Fredriksson-Ahomaa ym. 2009), joten tämä tartuntareitti on pidettävä mielessä myös *Y. pseudotuberculosis*sen osalta etenkin lemmikkien raakaruokinnan suosion kasvaessa. Tulevaisuuden elintarviketurvallisuuteen liittyy myös laajemmin kysymys hygieniaosaamisen ylläpidosta ja arvostuksesta eli osataanko ruokaan liittyviin riskeihin varautua kotikeittiössä myös jatkossa.

## 4 KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajaani Riikka Keto-Timosta, jolta sain aina apua ja neuvoja, kun niitä tarvitsin. Kiitän häntä erityisesti kärsivällisyydestä, kannustuksesta, joustavuudesta ja erinomaisista kommentteista työni edetessä. Kiitos myös professori Maria Fredriksson-Ahomaalle työni johtamisesta ja arvokkaista kommentteista, joita häneltä sain. Lisäksi haluan kiittää Wiipurilaisen Osakunnan stipendisäätiötä Pro Gradu -apurahasta.

## 5 LÄHTEET

Abdela W, Graham M, Habtemariam T, Samuel T, Yehualaeshet T. Effects of orange juice pH on survival, urease activity and DNA profiles of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* stored at 48°C. J Food Saf 2011, 31:487–496.

Achtman M, Zurth K, Morelli G, Torrea G, Guiyoule A, Carniel E. *Yersinia pestis*, the cause of plague, is a recently emerged clone of *Yersinia pseudotuberculosis*. P Natl Acad Sci USA 1999, 96: 14043–14048.

Alakurtti S, Keto-Timonen R, Virtanen S, Martínez PO, Laukkanen-Ninios R, Korkeala H. Large Diversity of Porcine *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 in eight European countries assessed by multiple-locus variable-number tandem-repeat analysis. Foodborne Pathog Dis 2016, 13:289–95.

Aldova E, Brezínová A, Sobotková J. A finding of *Yersinia pseudotuberculosis* in well water. Zentralbl Bakteriol B 1979, 169:265–70.

Aleksić S. Occurrence of *Y. enterocolitica* antigens O:3, O:9 and O:8 in different *Yersinia* species, their corresponding H antigens and origin. Contrib Microbiol Immunol 1995, 13:89–92.

Amphlett, A. Far East scarlet-like fever: a review of the epidemiology, symptomatology, and role of superantigenic toxin: *Yersinia pseudotuberculosis*-derived mitogen A. Open Forum Infect Dis 2016, 3: ofv202. doi: 10.1093/ofid/ofv202

Arrausi-Subiza M, Gerrikagoitia X, Alvarez V, Ibabe JC, Barral M. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* in wild boars in the Basque Country, northern Spain. Acta Vet Scand 2016, 58:4. doi: 10.1186/s13028-016-0184-9

Bakholdina SI, Sanina NM, Krasikova IN, Popova OB, Solov'eva TF. The impact of abiotic factors (temperature and glucose) on physicochemical properties of lipids from *Yersinia pseudotuberculosis*. Biochimie 2004, 86:875–81.

Benedictow OJ. The Black Death, 1346–1353: The complete history. The Boydell Press, Woodbridge, Iso-Britannia 2004.

Bhaduri S, Phillips JG. Growth model of a plasmid-bearing virulent strain of *Yersinia pseudotuberculosis* in raw ground beef. Zoonoses Public Hlth 2011, 58:77–84.

Bhagat N, Viridi JS. The enigma of *Yersinia enterocolitica* biovar 1A. Crit Rev Microbiol 2011, 37:25–39.

Bleul U, Buhler K, Stephan R, Pospischil A, Braun U. Mastitis caused by *Yersinia pseudotuberculosis* in a cow. Vet Rec 2018, 151:767–769.

Bogdanovich TM, Carniel E, Fukushima H, Skurnik M. Genetic (sero)typing of *Yersinia pseudotuberculosis*. Teoksessa: Skurnik M, Bengoechea JA, Granfors K. (toim.) The Genus *Yersinia*. Advances in Experimental Medicine and Biology, vol 529. Springer, Boston, MA, Yhdysvallat 2004.

Bonardi S, Bruini I, D'Incau M, Van Damme I, Carniel E, Bremont S, Cavallini P, Tagliabue S, Brindani F. Detection, seroprevalence and antimicrobial resistance of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* in pig tonsils in northern Italy. Int J Food Microbiol 2016, 235: 125–132.

Bottone EJ. *Yersinia enterocolitica*: overview and epidemiologic correlates. Microb Infect 1999, 1:323–333.

Bottone EJ. *Yersinia enterocolitica*: Revisitation of an Enduring Human Pathogen. Clin Microbiol Newsl 2015, 37:1–8.

Bottone EJ, Bercovier H, Mollaret HH. Genus XLI. *Yersinia*. Teoksessa: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Garrity GM, Brenner DJ, Krieg NR, Staley JR (toim.). Springer-Verlag: East Lansing, MI, Yhdysvallat 2005: 838–848.

Bronson RT, May BD, Ruebner BH. An outbreak of infection by *Yersinia pseudotuberculosis* in nonhuman primates. Am J Pathol 1972, 69:289–308.

Buzoleva LS, Somov GP. Adaptation variability of *Yersinia pseudotuberculosis* during long-term persistence in soil. Bull Exp Biol Med 2003, 135:456–459.

Carniel E. Yersiniosis. Teoksessa: Heymann DL, ed. Control of communicable diseases manual. 18 p. American Public Health Association, Washington DC, Yhdysvallat 2004. 600–3.

Carniel E, Authenrieth I, Cornelis G, Fukushima H, Guinet F, Isberg R, Pham J, Prentice M, Simonet M, Skurnik M, Wauters G. *Y. enterocolitica* and *Y. pseudotuberculosis*. Teoksessa: Martin Dworkin, Stanley Falkow, Eugene Rosenberg, Karl-Heinz Schleifer, Erko Stackebrandt (toim.) The Prokaryotes - A Handbook on the Biology of Bacteria. 3 p. Springer Science Business Media LLC, New York, Yhdysvallat 2006. 270–398.

Childs-Sanford SE, Kollias GV, Abou-Madi N, McDonough PL, Garner MM, Mohammed HO. *Yersinia pseudotuberculosis* in a closed colony of egyptian fruit bats (*rousettus aegyptiacus*). J Zoo Wildl Med 2009, 40:8–14.

Cornelis GR, Boland A, Boyd AP, Geuijen C, Iriarte M, Neyt C, Sory MP, Stainier I. The virulence plasmid of *Yersinia*, an antihost genome. Microbiol Mol Biol Rev 1998, 62:1315–1352.

EFSA ja ECDC (European Food Safety Authority ja European Centre for Disease prevention and Control) 2018. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. Saatavilla: doi: 10.2903/j.efsa.2018.5500, haettu 21.3.2019.

Fahlgren A, Avican K, Westermarck L, Nordfelth RI. Colonization of cecum is important for development of persistent infection by *Yersinia pseudotuberculosis*. *Infect Immun* 2014, 82:3471–3482.

Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H. Molecular epidemiology of *Yersinia enterocolitica* 4/O:3. *Adv Exp Med Biol* 2003, 529:295–302.

Fredriksson-Ahomaa M, Wacheck S, Koenig M, Stolle A, Stephan R. Prevalence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* in wild boars in Switzerland. *Int J Food Microbiol* 2009, 135:199–202.

Fredriksson-Ahomaa M, Lindström M, Korkeala H. *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis*. Teoksessa: Juneja V K & Sofos J N (toim.) *Pathogens and Toxins in Foods: Challenges and Interventions*. ASM Press, Washington DC, Yhdysvallat 2010. 164–180.

Fukushima H, Gomyoda M. Intestinal carriage of *Yersinia pseudotuberculosis* by wild birds and mammals in Japan. *Appl Environ Microbiol* 1991, 57:1152–1155.

Fukushima H, Saito K, Tsubokura M, Otsuki K, Kawaoka Y. Isolation of *Yersinia* spp. from bovine feces. *J Clin Microbiol* 1983, 18:981–982.

Fukushima H, Nakamura R, Iitsuka S, Ito Y, Saito K. Presence of zoonotic pathogens (*Yersinia* spp., *Campylobacter jejuni*, *Salmonella* spp., and *Leptospira* spp.) simultaneously in dogs and cats. *Zbl Bakt P* 1985, 181:430–440.

Fukushima H, Gomyoda M, Ishikura S, Nishio T, Moriki S, Endo J, Kaneko S, Tsubokura M. Cat-contaminated environmental substances lead to *Yersinia pseudotuberculosis* infection in children. *J Clin Microbiol* 1989, 27:2706–2709.

Fukushima H, Gomyoda M, Shiozawa K, Kaneko S, Tsubokura M. *Yersinia pseudotuberculosis* infection contracted through water contaminated by a wild animal. *J Clin Microbiol* 1988, 26:584–585.

Fukushima H, Matsuda Y, Seki R, Tsubokura M, Takeda N, Shubin FN, Paik IK, Zheng XB. Geographical heterogeneity between Far Eastern and western countries in prevalence of the virulence plasmid, the superantigen *Yersinia pseudotuberculosis*-derived mitogen, and the high-pathogenicity island among *Yersinia pseudotuberculosis* strains. *J Clin Microbiol* 2001, 39:3541–3547.

Galindo CL, Rosenzweig JA, Kirtley ML, Chopra AK. Pathogenesis of *Y. enterocolitica* and *Y. pseudotuberculosis* in human yersiniosis. *J Pathog* 2011, 182051. doi:10.4061/2011/182051

Galosi L, Farneti S, Rossi G, Cork SC, Ferraro S, Magi E, Petrini S, Valiani A, Cuteri V, Attili AR. *Yersinia pseudotuberculosis*, serogroup O:1a, infection in two Amazon parrots (*Amazona aestiva* and *Amazona oratrix*) with hepatic hemosiderosis. *J Zoo Wildl Med* 2015, 46:588–591.



Gengler S, Laudisoit A, Batoko H, Wattiau P. Long-term persistence of *Yersinia pseudotuberculosis* in entomopathogenic nematodes. PLoS ONE 2015, 10: e0116818. doi: 10.1371/journal.pone.0116818

Giannitti F, Barr BC, Brito BP, Uzal FA, Villanueva M, Anderson M. *Yersinia pseudotuberculosis* infections in goats and other animals diagnosed at the california animal health and food safety laboratory system: 1990-2012. J Vet Diagn Invest 2014, 26:88–95.

Han TH, Paik IK, Kim SJ. Molecular relatedness between isolates *yersinia pseudotuberculosis* from a patient and an isolate from mountain spring water. J Korean Med Sci 2003, 18:425–428.

Hilgren J, Swanson KM, Diez-Gonzalez F, Cords B. Inactivation of *Yersinia pseudotuberculosis*, as a surrogate for *Yersinia pestis*, by liquid biocides in the presence of food residue. J Food Prot 2009, 72:392–8.

Hurst MR, Becher SA, Young SD, Nelson TL, Glare TR. *Yersinia entomophaga* sp. nov., isolated from the New Zealand grass grub *Costelytra zealandica*. Int J Syst Evol Microbiol 2011, 61:844–849.

Inoue M, Nakashima H, Ueba O, Ishida T, Date H, Kobashi S, Takagi K, Nishu T, Tsubokura M. Community outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis*. Microbiol Immunol 1984, 28:883–891.

Jalava K, Hakkinen M, Valkonen M, Nakari UM, Palo T, Hallanvuo S, Ollgren J, Siitonen A, Nuorti J P. An outbreak of gastrointestinal illness and erythema nodosum from grated carrots contaminated with *Yersinia pseudotuberculosis*. J Infect Dis 2006, 194:1209–1216.

Jalava K, Hallanvuo S, Nakari UM, Ruutu P, Kela E, Heinasmaki T, Siitonen A, Nuorti JP. Multiple outbreaks of *Yersinia pseudotuberculosis* infections in Finland. J Clin Microbiol 2004, 42:2789–2791.

Joutsen S, Eklund K, Laukkanen-Ninios R, Stephan R, Fredriksson-Ahomaa M. Sheep carrying pathogenic *Yersinia enterocolitica* bioserotypes 2/O: 9 and 5/O: 3 in the feces at slaughter. Vet Microbiol 2016, 197:78–82.

Joutsen S, Laukkanen-Ninios R, Henttonen H, Niemimaa J, Voutilainen L, Kallio ER, Helle H, Korkeala H, Fredriksson-Ahomaa M. *Yersinia* spp. in wild rodents and shrews in Finland. Vector Borne Zoonotic Dis 2017, 17:303–311.

Kameyama M, Yabata J, Obane N, Otsuka H, Nomura Y. Detection of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in pet Djungarian hamsters in Japan. J Vet Med Sci 2016, 78:1639–1641.

Kangas S, Takkinen J, Hakkinen M, Nakari UM, Johansson T, Henttonen H, Virtaluoto L, Siitonen A, Ollgren J, Kuusi M. *Yersinia pseudotuberculosis* O:1 traced to raw carrots, Finland. Emerg Infect Dis 2008, 14:1959–1961.

Kechagia N, Nicolaou C, Ioannidou V, Kourti E, Ioannidis A, Legakis N J, Chatzipanagiotou S. Detection of chromosomal and plasmid-encoded virulence determinants in *Yersinia enterocolitica* and other *Yersinia* spp. isolated from food animals in Greece. Intl J Food Microbiol 2007, 118:326–31.

Keto-Timonen R, Pontinen A, Aalto-Araneda M, Korkeala H. Growth of *Yersinia pseudotuberculosis* strains at different temperatures, pH values, and NaCl and ethanol concentrations. J Food Prot 2018, 81:142–149.

Koskinen J, Takalo S, Vuorinen A, Normand AC, Korkeala H, Keto-Timonen R. Growth of *Listeria monocytogenes*, *Yersinia pseudotuberculosis* and yeasts on fresh vegetables packed under modified atmospheres at 6°C. J Food Saf Food Qual 2018, 69:105-130.

Laukkanen R, Ortiz Martínez P, Siekkinen K, Ranta J, Maijala R, Korkeala H. Transmission of *Yersinia pseudotuberculosis* in the pork production chain from farm to slaughterhouse. Appl Environ Microbiol 2008, 74:5444–50.

Laukkanen R, Ortiz Martínez P, Siekkinen K, Ranta J, Maijala R, Korkeala H. Contamination of carcasses with human pathogenic *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 originates from pigs infected on farms. Foodborne Pathog Dis 2009, 6:681–8.

Laukkanen R, Ranta J, Dong X, Hakkinen M, Ortiz Martínez P, Lunden J, Johansson T, Korkeala H. Reduction of enteropathogenic *Yersinia* in the pig slaughterhouse by using bagging of the rectum. J Food Prot 2010, 73:2161–8.

Lee L A, Gerber A R, Lonsway D R, Smith J D, Carter G P, Puhf N D, Parrish C M, Sikes R K, Finton R J, Tauxe R V. *Yersinia enterocolitica* O:3 infections in infants and children, associated with the household preparation of chitterlings. N Engl J Med 1990, 322:984–7.

Le Guern AS, Martin L, Savin C, Carniel E. Yersiniosis in France: Overview and potential sources of infection. Int J Infect Dis 2016, 46:1–7.

Liang J, Wang X, Xiao Y, Cui Z, Xia S, Hao Q, Yang J, Luo L, Wang S, Li K, Yang H, Gu W, Xu J, Kan B, Jing H. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in pigs slaughtered in Chinese abattoirs. Appl Environ Microbiol 2012, 78:2949–56.

Liang J, Duan R, Xia S, Hao Q, Yang J, Xiao Y, Qiu H, Shi G, Wang S, Gu W, Wang C, Wang M, Tian K, Luo L, Yang M, Tian H, Wang J, Jing H, Wang X. Ecology and geographic distribution of *Yersinia enterocolitica* among livestock and wildlife in China. Vet Microbiol 2015, 178:125–131.

Lorencova A, Babak V, Lamka J. Serological prevalence of enteropathogenic *Yersinia* spp. in pigs and wild boars from different production systems in the moravian region, Czech Republic. Foodborne Pathog Dis 2016, 13:275–279.

Mair NS. Yersiniosis in wildlife and its public health implications. J Wildl Dis 1973, 9:64–71.

- Merhej V, Adékambi T, Pagnier I, Raoult D, Drancourt M. *Yersinia massiliensis* sp. nov., isolated from fresh water. *Int J Syst Evol Microbiol* 2008, 58:779–784.
- Merilahti-Palo R, Lahesmaa R, Granfors K, Gripenberg-Lerche C, Toivanen P. Risk of *Yersinia* infection among butchers. *Scand J Infect Dis* 1991, 23:55–61.
- Mikula K M, Kolodziejczyk R, Goldman A. *Yersinia* infection tools-characterization of structure and function of adhesins. *Front Cell Infect Mi* 2013, 2:169.
- Murros-Konttiainen A, Johansson P, Niskanen T, Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H, Björkroth J. *Yersinia pekkanenii* sp. nov. *Int J Syst Evol Microbiol* 2011a, 61:2363–2367.
- Murros-Konttiainen A, Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H, Johansson P, Rahkila R, Björkroth J. *Yersinia nurmii* sp. nov. *Int J Syst Evol Microbiol* 2011b, 61:2368–2372.
- Määttä J, Lehto M, Kuisma R, Kymäläinen H R, Mäki M. Microbiological quality of fresh-cut carrots and process waters. *J Food Prot* 2013, 76:1240–4.
- Nakano T, Kawaguchi H, Nakao K, Maruyama T, Kamiya H, Sakurai M. Two outbreaks of *Yersinia pseudotuberculosis* 5a infection in Japan. *Scand J Infect Dis* 1989, 21:175–179.
- Nesbakken T, Kapperud G, Dommarsnes K, Skurnik M, Hornes E. Comparative Study of a DNA Hybridization Method and Two Isolation Procedures for Detection of *Yersinia enterocolitica* O:3 in Naturally Contaminated Pork Products. *Appl Environ Microb* 1991, 57:389–394.
- Nikolova S, Tzvetkov Y, Najdenski H, Vesselinova A. Isolation of pathogenic yersiniae from wild animals in Bulgaria. *J Vet Med B* 2001, 48:203–209.
- Niskanen T, Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H. *Yersinia pseudotuberculosis* with limited genetic diversity is a common finding in tonsils of fattening pigs. *J Food Prot* 2002, 65:540–545.
- Niskanen T, Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H. Occurrence of *Yersinia pseudotuberculosis* in iceberg lettuce and environment. *Adv Exp Med Biol* 2003, 529:383–385.
- Niskanen T, Laukkanen R, Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H. Distribution of virF/lcrF-positive *Yersinia pseudotuberculosis* serotype O:3 at farm level. *Zoonoses Public Hlth* 2008, 55:214–221.
- Niskanen T, Waldenstrom J, Fredriksson-Ahomaa M, Olsen B, Korkeala H. virF-positive *Yersinia pseudotuberculosis* and *Yersinia enterocolitica* found in migratory birds in Sweden. *Appl Environ Microbiol* 2003, 69:4670–4675.
- Novoslavskij A, Kabasinskiene A, Korkeala H, Malakauskas M. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* in slaughtered pigs within 5 months period in Lithuania. *Vet Med Zoot* 2010, 51:30–35.

Novoslavskij A, Serniene L, Malakauskas A, Laukkanen-Ninios R, Korkeala H, Malakauskas M. Prevalence and genetic diversity of enteropathogenic *Yersinia* spp. in pigs at farms and slaughter in Lithuania. *Res Vet Sci* 2013, 94:209–213.

Nowgesic E, Fyfe M, Hockin J, King A, Ng H, Paccagnella A, Trinidad A, Wilcott L, Smith R, Denney A, Struck L, Embree G, Higo K, Chan JJ, Markey P, Martin S, Bush D. Outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis* in British Columbia-november 1998. *Can Commun Dis Rep* 1999, 25:97–100.

Nuorti JP, Niskanen T, Hallanvuoto S, Mikkola J, Kela E, Hatakka M, Fredriksson-Ahomaa M, Lyytikäinen O, Siitonen A, Korkeala H, Ruutu P. A widespread outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis* O:3 infection from iceberg lettuce. *J Infect Dis* 2004, 189:766–774.

Ortiz Martínez P, Fredriksson-Ahomaa M, Sokolova Y, Roasto M, Berzins A, Korkeala H. Prevalence of enteropathogenic *Yersinia* in Estonian, Latvian, and Russian (Leningrad region) pigs. *Foodborne Pathog Dis* 2009, 6:719–24.

Ortiz Martínez P, Mylona S, Drake I, Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H, Corry JE. Wide variety of bio-serotypes of enteropathogenic *Yersinia* in tonsils of English pigs at slaughter. *Intl J Food Microbiol* 2010, 139:64–9.

Ortiz Martínez P, Fredriksson-Ahomaa M, Pallotti A, Rosmini R, Houf K, Korkeala H. Variation in the prevalence of enteropathogenic *Yersinia* in slaughter pigs from Belgium, Italy, and Spain. *Foodborne Pathog Dis* 2011, 8:445–50.

Palonen E. Sequence variability of virulence genes and stress responses in *Yersinia pseudotuberculosis*. Väitöskirja, Helsinki, Helsingin yliopisto, 2015. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:ISBN 978-951-51-0507-3>.

Pin C, Baranyi J, Garcia de Fernando G. Predictive model for the growth of *Yersinia enterocolitica* under modified atmosphere. *J Appl Microbiol* 2000, 88:521–530.

Pitkälä A, Virtanen T, Joutsen S, Leimi A, Tuominen P. *Yersinia enterocolitica* ja *Yersinia pseudotuberculosis* suomalaisissa elintarvikkeissa –riskiprofiili. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Eviran tutkimuksia 2/2009. Saatavilla: [https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/julkaisusarjat/tutkimukset/riskiraportit/yersinia-enterocolitica-ja-yersinia-pseudotuberculosis-suomalaisissa-elintarvikkeissa--riskiprofiili\\_2\\_2009.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/julkaisusarjat/tutkimukset/riskiraportit/yersinia-enterocolitica-ja-yersinia-pseudotuberculosis-suomalaisissa-elintarvikkeissa--riskiprofiili_2_2009.pdf).

Press N, Fyfe M, Bowie W, Kelly M. Clinical and microbiological follow-up of an outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis* serotype Ib. *Scand J Infect Dis* 2001, 33:523–6.

Pärn T, Hallanvuoto S, Salmenlinna S, Pihlajasaari A, Heikkinen S, Telkki-Nykänen H, Hakkinen M, Ollgren J, Huusko S, Rimhanen-Finne R. Outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis* o:1 infection associated with raw milk consumption, Finland, spring 2014. *Eurosurveillance* 2015, 20:13–19.

Pohjola L, Nykasenoja S, Kivisto R, Soveri T, Huovilainen A, Hanninen ML, Fredriksson-Ahomaa M. Zoonotic public health hazards in backyard chickens. *Zoonoses Public Hlth* 2017, 63:420–430.

Quinn PJ, Markley BK, Leonard FC, Hartigan P, Fanning S, FitzPatrick ES. *Yersinia* species. Teoksessa: John Wiley and Sons, Inc. Wiley-Blackwell (toim.) *Veterinary microbiology and microbial disease*. 2 p. Wiley-Blackwell Inc., West Sussex, Iso-Britannia, 2011.

Reinhardt M, Hammerl JA, Kunz K, Barac A, Nockler K, Hertwig S. *Yersinia pseudotuberculosis* prevalence and diversity in wild boars in northeast Germany. *Appl Environ Microbiol* 2018, 84: e00675-18. doi: 10.1128/AEM.00675-18

Rimhanen-Finne R, Niskanen T, Hallanvuo S, Makary P, Haukka K, Pajunen S, Siitonen A, Ristolainen R, Poyry H, Ollgren J, Kuusi M. *Yersinia pseudotuberculosis* causing a large outbreak associated with carrots in Finland, 2006. *Epidemiol Infect* 2009, 137: 342–347.

Ruokavirasto 2019. *Yersinia* porkkanoissa. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/elintarvikeryhmat/kasvikset/mikrobiologinen-turvallisuus/y.-pseudotuberculosis-porkkanoissa/>, haettu 21.3.2019.

Sanford SE. Outbreaks of yersiniosis caused by *Yersinia pseudotuberculosis* in farmed cervids. *J Vet Diagn Investi* 1995, 7:78–81.

Sato K, Komazawa M. *Yersinia pseudotuberculosis* infection in children due to untreated drinking water. *Contrib Microbiol Immunol* 1991, 12:5–10.

Savin C, Martin L, Bouchier C, Filali S, Chenau J, Zhou Z, Becher F, Fukushima H, Thomson NR, Scholz HC. The *Yersinia pseudotuberculosis* complex: Characterization and delineation of a new species, *Yersinia wautersii*. *Int J Med Microbiol* 2014, 304:452–463.

Schlesser JE, Parisi B. Inactivation of *Yersinia pseudotuberculosis* 197 and *Francisella tularensis* LVS in beverages by high pressure processing. *J Food Prot* 2009, 72:165–8.

Shwimmer A, Freed M, Blum S, Khatib N, Weissblit L, Friedman S, Elad D. Mastitis caused by *Yersinia pseudotuberculosis* in Israeli dairy cattle and public health implications. *Zoonoses Public Hlth* 2007, 54:353–357.

Slee KJ, Button C. Enteritis in sheep, goats and pigs due to *Yersinia pseudotuberculosis* infection. *Aust Vet J* 1990, 67:320–322.

Smego RA, Frean J, Koornhof HJ. Yersiniosis I: Microbiological and clinicoepidemiological aspects of plague and non-plague yersinia infections. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1999, 18:1–15.

Sprague LD, Neubauer H. *Yersinia aleksiciae* sp. nov. *Int J Syst Evol Microbiol* 2005, 55:831–835.

Sprague LD, Scholz H C, Amann S, Busse H J, Neubauer H. *Yersinia similis* sp. nov. Int J Syst Evol Microbiol 2008, 58:952–958.

Tashiro K, Kubokura Y, Kato Y, Kaneko K, Ogawa M. Survival of *Yersinia enterocolitica* in soil and water. J Vet Med Sci 1991, 53:23–7.

Tauxe RV. Salad and pseudoappendicitis: *Yersinia pseudotuberculosis* as a foodborne pathogen. J Infect Dis 2004, 189:761–763.

Terentjeva M, Berzins A. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in the environment of slaughterhouse. Proceedings of the 6th Baltic Conference on Food Science and Technology “Innovation for Food Science and Production”, Jelgava, 2011: 172–6.

Tertti R, Granfors K, Lehtonen OP, Mertsola J, Makela AL, Valimaki I, Hanninen P, Toivanen A. An outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis* infection. J Infect Dis 1984, 149:245–250.

Timchenko NF, Adgamov RR, Popov AF, Psareva EK, Sobyanin KA, Gintsburg AL, Ermolaeva SA. Far East Scarlet-Like Fever Caused by a Few Related Genotypes of *Yersinia pseudotuberculosis*, Russia. Emerg Infect Dis 2016, 22:503–6.

THL 2018. Tartuntataudit Suomessa 2017. Jaakola S, Lyytikäinen O, Rimhanen-Finne R, Salmenlinna S, Savolainen-Kopra C, Liitsola K, Jalava J, Toropainen M, Nohynek H, Virtanen M, Löflund J-E, Kuusi M, Salminen M (toim.). Raportti 6/2018. Saatavilla: [http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/136615/THL\\_RAP\\_6\\_2018\\_Tartuntataudit%20Suomessa%202017KORJ27.8.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/136615/THL_RAP_6_2018_Tartuntataudit%20Suomessa%202017KORJ27.8.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Toora S, Budu-Amoako E, Ablett RF, Smith J. Effect of high-temperature short-time pasteurisation, freezing and thawing and constant freezing, on survival of *Yersinia enterocolitica* in milk. J Food Prot 1992, 55:803–805.

Tseneva GY, Chesnokova MV, Timofeevich KV, Aleksandrovna VE, Burgasova OA, Sayapina LV, Aleksandrovna TK, Karimova TV. Pseudotuberculosis in the Russian federation. Adv Exp Med Biol 2012, 954:63–68.

Tsubokura M, Aleksić S. A simplified antigenic scheme for serotyping of *Yersinia pseudotuberculosis*: phenotypic characterization of reference strains and preparation of O and H factor sera. Contrib Microbiol Immunol 1995, 13:99–105.

Tsukobura M, Inoue M, Nakashima H, Otsuki K, Kawaoka Y. Incidence of *Yersinia* organism in hare in the northwestern region of Okayama Prefecture. Microbiol Immunol 1984, 28:1385–7.

Tsubokura M, Otsuki K, Sato K, Tanaka M, Hongo T, Fukushima H, Maruyama T, Inoue M. Special features of distribution of *Yersinia pseudotuberculosis* in Japan. J Clin Microbiol 1989, 27:790–791.

Vanantwerpen G, Van Damme I, De Zutter L, Houf K. Within-batch prevalence and quantification of human pathogenic *Yersinia enterocolitica* and *Y. pseudotuberculosis* in tonsils of pigs at slaughter. *Vet Microbiol* 2014, 169:223–7.

Vasala M, Hallanvuoto S, Ruuska P, Suokas R, Siitonen A, Hakala M. High frequency of reactive arthritis in adults after *Yersinia pseudotuberculosis* O:1 outbreak caused by contaminated grated carrots. *Ann Rheum Dis* 2014, 73:1793–1796.

Vincent P, Leclercq A, Martin L, Duez JM, Simonet M, Carniel E. Sudden onset of pseudotuberculosis in humans, France, 2004–05. *Emerg Infect Dis* 2008, 14:1119–22.

Virtanen JP, Keto-Timonen R, Jaakkola K, Salin N, Korkeala H. Changes in Transcriptome of *Yersinia pseudotuberculosis* IP32953 Grown at 3 and 28°C Detected by RNA Sequencing Shed Light on Cold Adaptation. *Front Cell Infect Microbiol* 2018, 8:416. doi: 10.3389/fcimb.2018.00416

Walker D, Gibbons J, Harris JD, Taylor CS, Scott C, Paterson GK, Morrison LR. Systemic *Yersinia pseudotuberculosis* as a cause of osteomyelitis in a captive ring-tailed lemur (*lemur catta*). *J Comp Pathol* 2018, 164:27–31.

Weber A, Knapp W. Demonstration of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* in fecal samples of healthy slaughter swine depending on the season. *Zentralbl Veterinarmed B* 1981a, 28:407–13.

Weber A, Knapp W. Seasonal isolation of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* from tonsils of healthy slaughter pigs. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg A* 1981b, 250:78–83.

Weber A, Lembke C, Schäfer R. Comparative use of two commercially available selective culture media for isolation of *Yersinia enterocolitica* from tonsils of slaughter swine. *Zentralbl Veterinarmed B* 1983, 30:532–6.

Wessels ME, Payne J, Willmington JA, Bell SJ, Davies IH. *Yersinia pseudotuberculosis* as a cause of ocular disease in goats. *Vet Rec* 2010, 166:699–700.

Williamson D, Baines S, Carter G, da Silva A, Ren X, Sherwood J, Dufour M, Schultz M, French N, Seemann T, Stinear T, Howden B. Genomic insights into a sustained national outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis*. *Genome Biol Evol* 2017, 8:3806–3814.

Wren BW. The yersiniae – a model genus to study the rapid evolution of bacterial pathogens. *Nat Rev Microbiol* 2003, 1:55–64.

Yanagawa Y, Maruyama T, Sakai S. Isolation of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* from apparently healthy dogs and cats. *Microbiol Immunol* 1978, 22:643–646.

Yehualaeshet T, Graham M, Montgomery M, Habtemariam T, Samuel T, Abdela W. Effects of temperature on the viability, growth and gene profile of *Yersinia pseudotuberculosis* and *Yersinia enterocolitica* inoculated in milk. Food Control 2013, 32:589–595.

Zen-Yoji H, Sakai S, Maruyama T, Yanagawa Y. Isolation of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* from swine, cattle and rats at an abattoir. Jpn J Microbiol 1974, 18:103–105.

Zhang W, Wang Y, Song Y, Wang T, Xu S, Peng Z, Lin X, Zhang L, Shen X. A type VI secretion system regulated by OmpR in *Yersinia pseudotuberculosis* functions to maintain intracellular pH homeostasis. Environ Microbiol 2013, 15:557–569.

Zhao N, Li M, Amer S, Liu S, Luo J, Wang S, He H. Mortality in captive rhesus monkeys (*macaca mulatta*) in china due to infection with *Yersinia pseudotuberculosis* serotype O:1a. Ecohealth 2016, 13:597–601.

Zurek L, Denning SS, Schal C, Watson DW. Vector competence of *musca domestica* (diptera: Muscidae) for *Yersinia pseudotuberculosis*. J Med Entomol 2001, 38:333–335.